



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA**

**PSICOLOGÍA**

**CARACTERIZACIÓN NEUROPSICOLÓGICA DE  
NIÑOS ESCOLARES A PARTIR DE LA PRUEBA  
TORRE DE LONDRES**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**LICENCIADO EN PSICOLOGÍA**

**P R E S E N T A:**

**CARLOS TORRES CRUZ**



**JURADO DE EXAMEN:**

**DIRECTOR: DR. MIGUEL ÁNGEL VILLA RODRÍGUEZ**

**COMITÉ: LIC. JESÚS BARROSO OCHOA**

**MTRO. HUMBERTO ROSELL BECERRIL**

**DR. ALEJANDRO VALDÉS CRUZ**

**DR. VÍCTOR MANUEL MAGDALENO MADRIGAL**

**MÉXICO, CDMX**

**MAYO 2016**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Cuando miramos el cerebro nos damos cuenta de que, por un lado, no somos nada más que materia, y, por otro, nada más que ficción

Paul Broks, *Into the Silent Land*

## **Agradecimientos**

En primera instancia deseo manifestar mi total gratitud a aquellas personas más cercanas a mí. En primer lugar, a mis padres por su inmenso apoyo, paciencia y esfuerzo. Por enriquecerme de experiencias y aprendizajes, así como por inculcarme los valores que hoy día promulgo. A ellos mi infinita admiración.

A Samantha por ser quien es. Por su inconmensurable amor y motivación, por emprender a mi lado una vida juntos. Por los momentos felices. Por ser la mujer más inteligente, capaz y hermosa que conozco. Simplemente por ser maravillosa.

A mis hermanos, Laura y Oswaldo, por su comprensión y confianza. Por los buenos momentos juntos. A Sonny por alegrar mi día con sus juegos e inteligencia. A Mafer, la pequeña luz de la familia.

A mis abuelos por estar siempre pendiente de mí, por su apoyo, por su cariño.

También quiero agradecer a todos y cada uno los grandes amigos que conocí en la carrera, por todas las experiencias que vivimos juntos y por todas y cada una de las sonrisas compartidas, a todos ellos mis mejores deseos.

Asimismo, quiero agradecer a cada uno de los profesores que conforman el jurado de mi examen. Al Dr. Miguel Ángel Villa por mostrarse siempre accesible a guiarme a pesar de sus múltiples compromisos, por, incluso, abrirme las puertas de su hogar. Estaré agradecido por siempre.

Al Maestro Humberto Rosell por sus conocimientos y observaciones tan valiosas, sin las cuales este trabajo no sería ni la mitad de lo que es. Por haber despertado en mí el interés por la neuropsicología.

Al profesor Jesús Barroso por su empatía y capacidad, porque forma parte de un momento muy especial en mi paso por la facultad, pues mi primer clase en la carrera fue con él.

Al Dr. Alejandro Valdés porque aunque no tenía el gusto de conocerlo, ni él a mí, por supuesto, se mostró en todo momento cooperativo y comprensivo. Se nota de inmediato la pasión que siente por lo que hace.

Al Dr. Víctor Magdaleno porque tampoco lo conocía y eso no fue impedimento para que fuera dedicado y observador con mi trabajo, así como gentil y amable en todo momento.

A todos ellos mis infinitas gracias.

## Índice

<b>Introducción.....</b>	<b>6</b>
<b>1. Funciones ejecutivas.....</b>	<b>9</b>
1.1. Definición conceptual.....	10
1.2. Neuroanatomía funcional.....	11
1.3. Neurotransmisores.....	16
1.4. Modelos explicativos del funcionamiento ejecutivo.....	19
<b>2. Desempeño escolar y funciones ejecutivas.....</b>	<b>37</b>
<b>3. Evaluación de las funciones ejecutivas.....</b>	<b>41</b>
<b>4. La prueba Torre de Londres.....</b>	<b>45</b>
<b>5. Ejecución de la prueba Torre de Londres de acuerdo al modelo de organización temporal de la conducta .....</b>	<b>53</b>
5.1. Control inhibitorio.....	56
5.2. Memoria de trabajo.....	58
5.3. <i>Set</i> preparatorio.....	59
5.4. Mecanismo de supervisión.....	62
<b>6. Desarrollo de las funciones ejecutivas.....</b>	<b>63</b>
<b>Método.....</b>	<b>69</b>
<b>Resultados.....</b>	<b>78</b>
<b>Discusión.....</b>	<b>85</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>91</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>104</b>

## **Resumen**

Las funciones ejecutivas se han definido como un conjunto de procesos mentales esenciales para llevar a cabo una conducta eficaz, creativa y aceptada socialmente. Los lóbulos frontales, en particular, el área prefrontal, en interacción con otras regiones corticales y subcorticales, están involucrados en el funcionamiento de las funciones ejecutivas. Dichas funciones se manifiestan en la infancia y continúan desarrollándose a través de la adolescencia y la adultez. La Torre de Londres es un instrumento neuropsicológico diseñado para evaluar el desempeño de las funciones ejecutivas. El presente trabajo tuvo como objetivo analizar de forma transversal el efecto de la edad y las características de desarrollo de las funciones ejecutivas en sujetos normales desde los 9 hasta los 12 años de edad, por medio de la prueba Torre de Londres, a partir del modelo de organización secuencial de la conducta. Así como analizar la influencia de las funciones ejecutivas en el desempeño escolar. Participaron 40 estudiantes de tercero a sexto de primaria, seleccionados 10 de cada grado, 5 hombres y 5 mujeres. Los resultados muestran que existe una relación directa entre la edad y el desempeño en la Torre de Londres, por el contrario, se encontró que el éxito en la prueba no guarda relación con el desempeño escolar.

## Introducción

El lóbulo frontal es la estructura de más reciente desarrollo filogenético y, paradójicamente, su desarrollo ontogenético es mucho más prolongado que el resto de los lóbulos (Flores y Ostrosky, 2008). Anteriormente se creía que el lóbulo frontal era una estructura silente, ya que no se había podido establecer una relación entre esta región y algún proceso cognitivo. Sin embargo, se asocia con diversos procesos, como el lenguaje y el control motor, la memoria de trabajo, la metacognición, la inhibición, el autocontrol, la flexibilidad mental, la planeación, la fluidez verbal, las cuales se clasifican bajo el rótulo de funciones ejecutivas (Tirapu et al., 2008).

Debido a lo complejo que resulta su funcionamiento, se han elaborado numerosas definiciones y modelos con el objetivo de ofrecer una explicación y conceptualización satisfactoria, sin que aún exista consenso sobre algún modelo. Es por ello que en el capítulo 1 se revisan los modelos de mayor relevancia y al final se elige, para fines del presente trabajo, el modelo de organización secuencial de la conducta planteado por Joaquín Fuster, de acuerdo al cual el funcionamiento ejecutivo requiere la participación cuatro procesos: control inhibitorio, memoria de trabajo, *set* preparatorio y mecanismo de supervisión. En este mismo capítulo se analizan las estructuras neuroanatómicas y los neurotransmisores relacionados con las funciones ejecutivas.

Existen diversos estudios que señalan la estrecha relación entre las funciones ejecutivas y el desempeño escolar (Bull & Scerif, 2001; Blair & Scerif, 2007; Geary et al., 2007). Estas funciones le permiten al estudiante potenciar sus procesos de aprendizaje, mientras el contexto escolar brinda experiencias estimulantes que promueven el funcionamiento ejecutivo (Korzeniowski, 2011). Por esta razón en el capítulo 2 se hace un

análisis de algunas investigaciones en las que se evalúa la relación entre las funciones ejecutivas y el desempeño escolar.

Dada la cantidad de procesos implicados en el término funciones ejecutivas, resulta de gran complejidad realizar su evaluación, por lo que se han diseñado y adaptado pruebas específicas para evaluar procesos específicos, por ejemplo, el test de clasificación de tarjetas de Wisconsin (WCST), el cual evalúa la flexibilidad mental; el test de *Stroop* y *Less is More* que evalúan el control inhibitorio; actividades de cambio de tarea y el test de Clasificación de Cartas con Cambio de Dimensión, que se asocian con la evaluación de la flexibilidad mental; tareas de dígitos de regresión y tarea de figuras abstractas, que evalúan la memoria de trabajo; por citar algunas de las más utilizadas (Flores y Ostrosky, 2012). En el capítulo 3 se revisan las pruebas más relevantes para la evaluación del funcionamiento ejecutivo.

Otra prueba que es de utilidad para la evaluación de algunas de las funciones ejecutivas es la prueba Torre de Londres, la cual fue desarrollada por Shallice (1982), con el objetivo de identificar alteraciones en la planeación asociada a disfunción frontal, se trata de una adaptación del tipo de problema que se presenta en la torre de Hanoi, y permite que la dificultad de los problemas sea gradual (Portella et al., 2003). Se ha asociado su solución como buen parámetro del funcionamiento ejecutivo, razón por la cual se utiliza para el presente estudio. En el capítulo 3 se detalla aún más la naturaleza de la prueba y se revisan algunos de los hallazgos que se han encontrado a partir de la misma. Asimismo, en el capítulo 4 se realiza un análisis de su solución a partir del modelo de organización temporal de la conducta.



Por otra parte, la etapa escolar es un periodo determinante para el óptimo desarrollo de estas funciones (Culberston y Zillmer, 1998). Su desarrollo comienza durante la lactancia y se prolonga hasta la adultez (Rosselli et al., 2008). A partir de los seis años, los niños pueden desarrollar la mayoría de las tareas ejecutivas que se utilizan con adultos, alcanzando niveles de desempeño similares al de los adultos desde los 10 y los 12 años (Anderson et al., 2001). En el capítulo 5 se analiza el desarrollo de las funciones ejecutivas planteadas por el modelo de organización temporal de la conducta: control inhibitorio, memoria de trabajo, set preparatorio y mecanismo de supervisión.

Conocer la relación que existe entre las calificaciones escolares, la edad y las calificaciones escolares con el desempeño en la Torre de Londres, nos permitirá identificar las habilidades que poseen los pequeños, y a partir de esto, identificar el momento del desarrollo en el que se encuentran con el objetivo de encontrar su propio camino individual, organizar los medios y crear los programas que conduzcan al desarrollo óptimo de las funciones (Akhutina, 2008). Lo cual no sólo resultará benéfico para el niño en el ámbito académico, sino que todas las esferas de su vida se verán favorecidas, ya que los procesos neuropsicológicos demandados en la Torre de Londres, son esenciales para realizar cualquier actividad humana.

El objetivo de la presente investigación es analizar de forma transversal el efecto de la edad y las características de desarrollo de las funciones ejecutivas en sujetos normales desde los 9 hasta los 12 años de edad, por medio de la prueba Torre de Londres, a partir del modelo de organización secuencial de la conducta. Así como analizar la influencia de las funciones ejecutivas en el desempeño escolar.

# **CAPÍTULO 1**

## **FUNCIONES EJECUTIVAS**

## Capítulo 1. Funciones ejecutivas

### 1.1 Definición conceptual

El término funciones ejecutivas fue acuñado por Lezak (1982), para referirse a los procesos implicados en la elaboración de metas, en la creación de planes y en llevar a cabo dichos planes de forma exitosa. Aunque el término no existía hasta entonces, existen antecedentes históricos en los que se describen casos de pacientes con alteraciones relacionadas con las funciones ejecutivas, siendo uno de los casos más famosos el del minero Phineas Gage, descrito por John Harlow en el siglo XIX y que recobró relevancia con un artículo que retomó el caso (Damasio, Grabowski, Frank, Galaburda & Damasio, 1994).

Más tarde, Luria (1989) habló de estas funciones, aunque sin utilizar ningún término específico para referirse a ellas, señalando que las lesiones en zonas prefrontales provocan alteraciones que, ahora se sabe, se relacionan con las funciones ejecutivas.

Dada la cantidad y complejidad de procesos que se engloban bajo el concepto de funciones ejecutivas, establecer una definición clara sobre el término resulta una tarea complicada, a continuación se presentan algunas definiciones con el fin de poder comprender de mejor manera dicho concepto.

Lezak Howsien y Loring (2004), señalan que se trata de un conjunto de procesos cognitivos que permiten elaborar y mantener un plan coherente y consistente que permite alcanzar objetivos establecidos.

Por otro lado, para Gilbert y Burgess (2008), se tratan de un conjunto de funciones encargadas en la generación, supervisión, regulación, ejecución y ajuste de ciertas conductas que permiten conseguir metas complejas y que, comúnmente, son tareas novedosas y creativas.

De acuerdo a Stuss y Alexander (2000), son aquellas funciones que se encargan de coordinar procesos involucrados en la elaboración de metas y objetivos, tales como la anticipación, selección de información, planeación, autorregulación, atención, retroalimentación e inhibición.

Está claro que, aunque parece que cuando se habla de funciones ejecutivas todos saben a lo que se refiere, es necesario realizar una delimitación conceptual del constructo, es por esto que Tirapu, Pérez, Erekatxo y Pelegrín (2007) señalan que las funciones ejecutivas se refieren a la capacidad de encontrar soluciones eficaces a problemas novedosos, realizando predicciones sobre las consecuencias de cada una de las posibles soluciones.

Para efectos de este trabajo se asume la definición plateada por Fuster (2008) quien señala que la capacidad principal de las funciones ejecutivas tiene que ver con la capacidad temporal de organizar la conducta, el lenguaje y el razonamiento, lo que permite resolver situaciones internas o externas. Las internas se refieren a las representaciones en las que lo afectivo, cognitivo y emotivo, tienen una mayor relevancia. Mientras las externas implican la interacción con el medio ambiente, en donde lo social y lo cultural tienen un rol importante.

## 1.2 Neuroanatomía funcional

Los lóbulos frontales participan en un número considerable de procesos psicológicos, entre las que destacan: establecer objetivos y propósitos, concebir planes de acción, selección de habilidades cognitivas, coordinación de habilidades, evaluación de éxito o fracaso. El lóbulo frontal en los humanos se refiere al 29% de la corteza cerebral (Goldberg, 2002).

Una manera de dividir el lóbulo frontal es de acuerdo a sus conexiones con el tálamo (Jódar-Vicente, 2004):

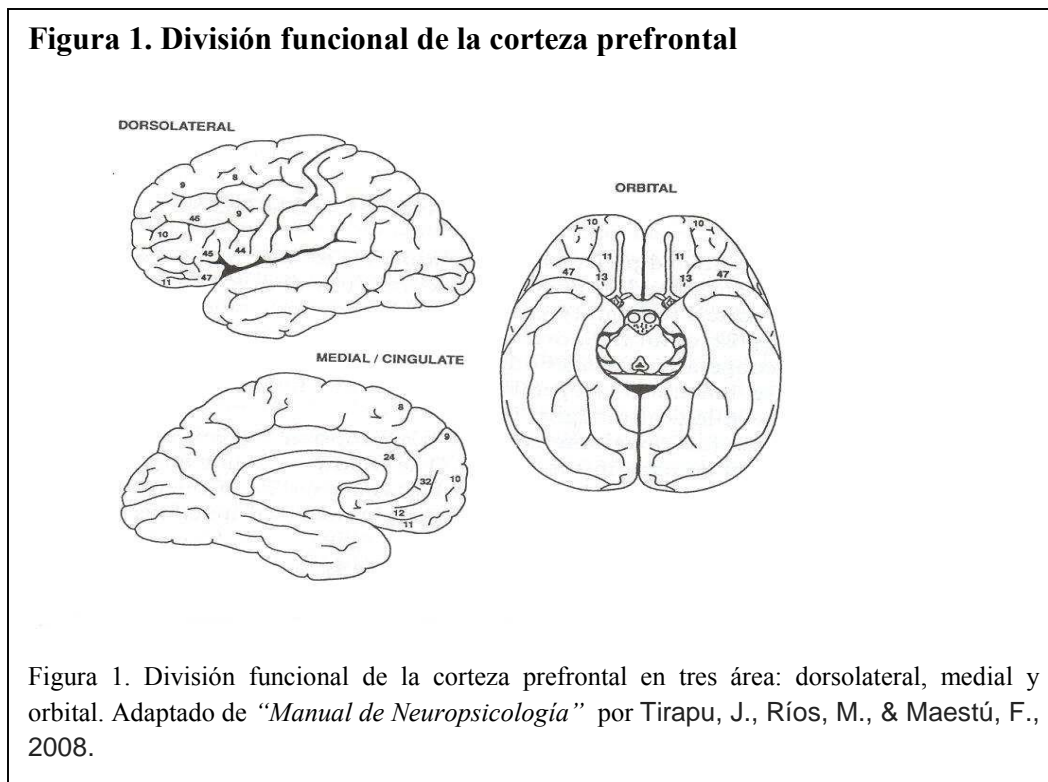
- **Córtex precentral:** recibe proyecciones de los núcleos ventromediales del tálamo.
- **Córtex prefrontal o anterior:** con proyecciones del núcleo dorsomedial del tálamo.
- **Córtex cingular:** recibe proyecciones del núcleo ventral anterior del tálamo.

Fuster (2008) realiza una organización jerárquica del lóbulo frontal: el córtex motor primario, el cual se encarga de la representación y ejecución de los movimientos esqueléticos; el córtex premotor, encargado de la programación de movimientos complejos; y el córtex prefrontal, en donde se lleva a cabo una representación de mayor nivel.

Aunque comúnmente se relaciona el funcionamiento ejecutivo con la corteza prefrontal, se debe considerar el trabajo realizado por regiones posteriores las cuales se dedican a la percepción de estímulos, mientras las regiones anteriores y frontales, se encargan de la puesta en acción de conductas que dan respuesta a los estímulos percibidos (Fuster, 2008). Es por esta razón que la corteza prefrontal establece conexiones con

regiones posteriores así como con la corteza premotora, los ganglios basales, el cerebelo, el tálamo, el hipocampo, la amígdala y con núcleos del tallo cerebral (Goldberg, 2002). La corteza prefrontal es la región con mayor número de conexiones del cerebro, lo que le permite coordinar e integrar el trabajo de las demás estructuras cerebrales.

La corteza prefrontal, de acuerdo a su organización anatómica, se divide en tres zonas: dorsolateral, medial y orbital (Ver figura 1). Cada una de estas regiones se divide funcionalmente en zonas más específicas, cada una con funciones particulares, con una alta especificidad y selección en la organización de sus conexiones (Fuster, 2008; Flores & Ostrosky, 2012).



La corteza prefrontal dorsolateral se relaciona con los proceso cognitivos de mayor complejidad, siendo esta zona la región de más reciente desarrollo filogenético. Se asocia con ciertas funciones ejecutivas, tales como la planeación, abstracción, memoria de trabajo,

fluidez verbal, solución de problemas, flexibilidad mental (Stuss & Alexander, 2004). Esta zona se relaciona, de acuerdo a la división de las funciones ejecutivas que proponen, con las funciones frías. Esta división de las funciones ejecutivas, se analizará a detalle más adelante. De igual forma, su funcionamiento se relaciona el monitoreo y control de la actividad o conducta (Zelazo & Muller, 2011).

La corteza orbitofrontal se relaciona con los procesos de regulación del tono afectivo, así como con conductas sociales, por lo que estaría implicada en la toma de decisiones (Damasio, 1998; Alameda Bailén, Salguero Alcañiz & Merchán Clavelino, 2015). Quizá se deba a que establece conexiones con el sistema límbico (Fuster, 2008). Además, se encarga de recibir información gustativa, olfativa y sensitiva. Estudios de neuroimagen revelan que esta región presenta actividad cuando se tocan texturas agradables o filosas, cuando se degusta o se huele algún alimento, así como cuando se presentan refuerzos que implican ganar o perder dinero (Rolls, 2004).

La corteza orbitofrontal se divide en tres porciones: medial, lateral y posterior. La porción medial se encarga de identificar olores, sabores e información somatosensorial. La porción lateral, por su parte, lleva a cabo el procesamiento de la información visual. Por último, la porción posterior, realiza el procesamiento de estados afectivos (Ustárroz, Molina, Lario & García, 2012). En conclusión, la corteza orbitofrontal está involucrada en la motivación, en conductas o respuestas emocionales, en el comportamiento social, y en la alimentación.

La corteza prefrontal medial se relaciona con algunas funciones ejecutivas como la inhibición, la detección de riesgos y la atención, de igual forma se encarga de regular

comportamientos agresivos y estados emocionales (Fuster, 2008). Estudios de neuroimagen sugieren que la detección de resultados desfavorables, la respuesta ante errores y conflictos, se relacionan con mayor actividad de esta zona (Ridderinkhof, Ullsperger, Crone & Nieuwenhuis, 2004).

En la tabla 1 se muestran cada una de las áreas prefrontales y los procesos con los que se asocian.

**Tabla 1. Áreas prefrontales y funciones cognitivas**

Área	Funciones cognitivas
Dorsolateral	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Planeación</li> <li>➤ Abstracción</li> <li>➤ Memoria de trabajo</li> <li>➤ Fluidez verbal</li> <li>➤ Solución de problemas</li> <li>➤ Flexibilidad mental</li> <li>➤ Monitoreo y control de la conducta</li> </ul>
Orbitofrontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Conductas sociales</li> <li>➤ Motivación</li> <li>➤ Toma de decisiones</li> <li>➤ Estados afectivos</li> <li>➤ Recibe información olfativa y gustativa</li> </ul>
Medial	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Inhibición</li> <li>➤ Detección de riesgos</li> <li>➤ Atención</li> </ul>

En lo que a la participación del hemisferio frontal derecho se refiere, existen diferentes explicaciones de cuál es su papel. Se ha señalado que se encarga de procesar información no verbal, mientras su contraparte izquierda se relaciona con los procesos cognitivos de tipo verbal (Ostrosky & Ardila, 2008). Asimismo, se ha postulado que la



región frontal izquierda se asocia con actividades rutinarias, mientras que su contraparte derecha se relaciona con tareas o actividades novedosas (Goldberg, 2002).

La corteza prefrontal derecha presenta mayor actividad cuando se toman decisiones adaptativas que no son del todo lógicas o esperadas y que son relativas a la situación en la que se presentan, por su parte la corteza prefrontal izquierda se liga con la toma de decisiones que sí tienen una lógica y sus condiciones están establecidas (Flores, 2008).

### **1.3 Neurotransmisores**

Entre los neurotransmisores implicados en el funcionamiento frontal y de gran importancia para las funciones ejecutivas, se encuentran la dopamina, la noradrenalina, el glutamato y el ácido gamma aminobutírico (GABA) (Filippetti & López, 2013).

La noradrenalina tiene mayor presencia en la corteza prefrontal derecha, por lo que se asocia con las acciones dependientes del contexto y con las tareas novedosas; mientras la dopamina cuenta con mayor presencia en la corteza prefrontal izquierda y es de vital importancia para llevar a cabo conductas independientes del contexto y acciones rutinarias (Goldberg, 2002). En la figura 2 se presentan las principales vías de distribución de este neurotransmisor.

**Figura 2. Ruta de las vías noradrenérgicas**

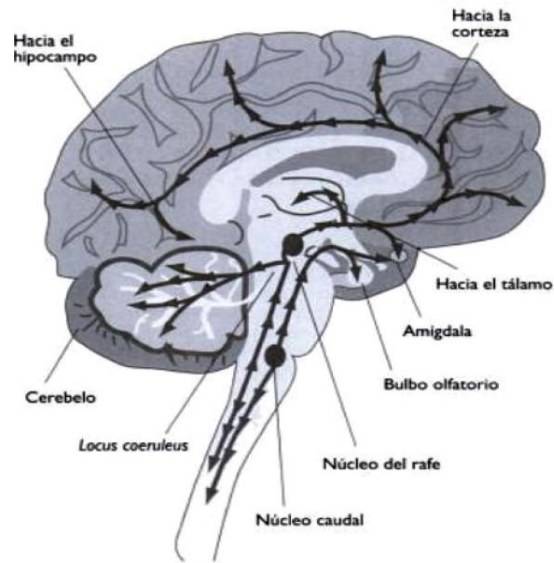


Figura 2. Vista sagital medial que señala las principales vías noradrenérgicas. Adaptado de *“Psiquiatría clínica. Diagnóstico y tratamiento en niños, adolescentes y adultos”* por Gómez, C., Hernández, G., Roias, A., Santacruz, H., & Uribe, M., 2008.

La dopamina también se asocia con el funcionamiento de la corteza prefrontal dorsolateral y se encuentra implicada en la memoria de trabajo, se ha encontrado que cuando existe menor disponibilidad de esta sustancia, se presenta pobre desempeño en la memoria de trabajo (Verdejo & Tirapu, 2012). En la figura 3 se presentan las cuatro principales vías dopaminérgicas.

### Figura 3. Ruta de las vías dopaminérgicas

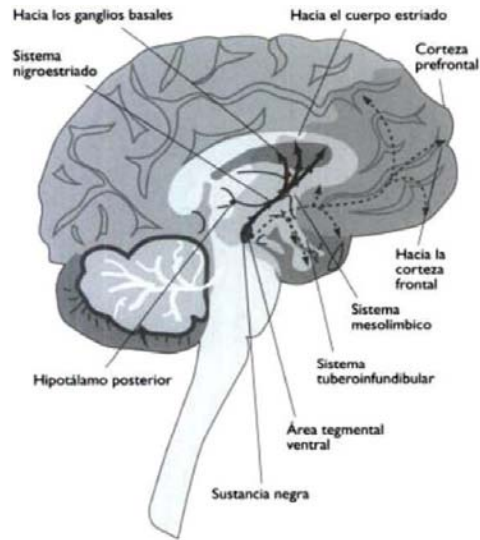


Figura 3. Las cuatro vías dopaminérgicas en el cerebro. Adaptado de *“Psiquiatría clínica. Diagnóstico y tratamiento en niños, adolescentes y adultos”* por Gómez, C., Hernández, G., Rojas, A., Santacruz, H., & Uribe, M., 2008.

El glutamato es un neurotransmisor que tiene la característica de ser una sustancia excitadora, por lo que es importante para el inicio de prácticamente todas las funciones ejecutivas (Kolb y Whishaw, 2006).

Mientras el GABA es un neurotransmisor de características inhibitorias, por lo que se asocia de manera estrecha con las funciones ejecutivas que requieren de la inhibición de respuestas poco adecuadas a la tarea, de igual forma se asocia con la regulación del comportamiento emocional (Andrade, Rodríguez & Campos, 2014).

Los lóbulos frontales son el órgano de la civilización, son las más específicamente humanas de todas las estructuras y juegan un papel crítico en el éxito o fracaso de cualquier empresa humana.

## 1.4 Modelos explicativos del funcionamiento ejecutivo

El presente capítulo tiene como objetivo realizar una revisión de los modelos psicológicos y neuropsicológicos más relevantes que explican el funcionamiento ejecutivo y, al final, se elegirá uno de ellos para el análisis del estudio. En la tabla 2 se resumen los modelos que se abordarán en el presente trabajo.

**Tabla 2 Modelos representativos sobre funciones ejecutivas (Climent-Martínez, Luna-Lario, Bombín-González, Tirapu-Ustárroz & Díaz-Orueta, 2014)**

<b>Modelos de constructo unitario</b>	
Teoría de la información contextual	Cohen et al., (1996; 1996)
Modelo de memoria de trabajo	Baddeley y Hitch (1974, 1990, 2003) Goldman y Rakic (1998)
Factor g y factor l	Teoría bifactorial de Spearman (1927) Modelo de codificación adaptativa de Duncan (1995, 2000, 2001, 2002) Inteligencia ejecutiva de Goldberg (2002, 2006)
<b>Modelos de secuenciación temporal</b>	
Teoría del acontecimiento complejo estructurado	Grafman (1995, 2003)
Organización temporal de la conducta	Fuster (2008)
<b>Modelos de supervisión atencional orientada a objetivos</b>	
Modelo de control de la acción	Norman y Shallice (1986)
Teoría integradora de la corteza prefrontal	Miller y Jonathan (2001)
Modelo de control atencional	Stuss (1995; 2002; 2007)
Teoría del filtro dinámico	Shimamura (2000)
<b>Modelos jerárquico funcionales de la corteza prefrontal</b>	
Hipótesis sobre el eje rostrocaudal de la corteza prefrontal	Christoff (2003)
Hipótesis de la puerta de entrada	Burgess (2006)
Modelo funcional en cascada	Koechlin (2000)
<b>Modelos integradores cognición-emoción</b>	
Hipótesis del marcador somático	Damasio (1998)
Teoría de la complejidad cognitiva y el control	Zelazo et al., (2003; 2006)
<b>Modelos basados en análisis factoriales</b>	
Modelo de Miyake	Miyake et al., (2000; 2012)

## **Modelos de constructo único**

Los modelos de constructo único reciben este nombre debido a que basan sus planteamientos en un solo componente cognitivo como memoria de trabajo, inteligencia fluida o factor g, para explicar el funcionamiento ejecutivo (Ustárroz et al., 2012).

### Teoría de la información contextual

Esta teoría fue propuesta por Cohen (1992; 1996), la cual señala que los procesos cognitivos relacionados con las funciones ejecutivas, operan en función de un único mecanismo inhibitorio. Las representaciones internas del contexto se encargan de inhibir respuestas e información que, en ese momento, resulta irrelevante. Por ejemplo ante una tarea como el test *Stroop* en el cual se debe inhibir una respuesta dominante, en este caso la lectura, para emitir una respuesta menos habitual como la identificación del color. Es decir, a partir del contexto es como se decide qué respuestas son relevantes y cuáles no lo son.

### Modelo de memoria de trabajo

Baddeley y Hitch (1974) elaboraron un modelo del funcionamiento ejecutivo en el que la memoria de trabajo coordina y supervisa los procesos cognitivos. Proponen que la memoria de trabajo se compone de cuatro elementos: el central ejecutivo, el bucle fonológico, la agenda visoespacial y el *buffer* episódico. El central ejecutivo se encarga de coordinar y supervisar a los otros tres componentes de la memoria de trabajo. El bucle fonológico se encarga de almacenar durante unos segundos información limitada. La

agenda visoespacial almacena y manipula información visual y espacial de forma temporal. Finalmente, el *buffer* episódico que, posteriormente, fue agregado por Baddeley (2003), almacena información multimodal, realizando una representación episódica.

El trabajo en conjunto de estos cuatro componentes, es el responsable de planear las estrategias necesarias para lograr resolver efectivamente una tarea y de la elaboración de los pasos a seguir para alcanzar un objetivo determinado.

Goldman-Rakic (1998), propone un modelo basado en la memoria de trabajo y en la arquitectura funcional de corteza prefrontal, pues esta zona funciona como un centro de integración de información proveniente de diversas regiones corticales. De esta manera, cada componente de la memoria de trabajo se encuentra conectado por medio de una red cortical con diferentes regiones de dominio específico. Las áreas prefrontales asociadas a la memoria de trabajo espacial, por ejemplo, se encuentran conectadas con zonas posteriores del lóbulo parietal, quienes se encargan de procesar información espacial. Es decir, que existen redes neuronales independientes entre sí para cada componente de la memoria de trabajo, aunque al final todas estas redes operan bajo la supervisión del ejecutivo central. Como ejemplo de funcionalidad de la memoria de trabajo, se afirma que está implicada en el control e inhibición de respuestas automáticas y en la recuperación y mantenimiento de la información necesaria para resolver una tarea, como puede ser el recordar las reglas de un juego.

### El factor g y el factor l

Por medio del análisis psicométrico de diferentes evaluaciones, Spearman (1927) propuso la existencia de un factor común que comparten todas las actividades intelectuales del ser humano, a este factor le llamó factor g. Posteriormente, Duncan y colaboradores (2001; 2002), señalan que la inteligencia no es una propiedad en la que se encuentre implicado el funcionamiento cerebral en conjunto, sino que depende únicamente de una parte del cerebro, esa región es la corteza prefrontal lateral. Esto lo concluyeron, luego de observar las afectaciones producidas tras una lesión en la corteza prefrontal, viéndose afectadas la planificación, el control ejecutivo y la inteligencia fluida, lo cual no ocurre cuando la lesión se produce en regiones posteriores.

Goldberg (2002; 2006) utiliza el término inteligencia ejecutiva para referirse al funcionamiento del lóbulo frontal. Para Goldberg el concepto de factor g no existe y en su lugar propone el factor l. Este concepto de factor l es lo que normalmente se asocia con el ser inteligente. Asimismo, propone el término reconocimiento de patrones, el cual se refiere a la capacidad para reconocer, a partir de nuevas situaciones o problemas, elementos familiares de situaciones ya experimentadas.

El conocimiento descriptivo, es decir aquello que sabemos sobre cómo son las cosas, se relaciona con el trabajo de las regiones parietales, occipitales y temporales; mientras el lóbulo frontal se encarga de utilizar esa información para adaptarlas de acuerdo al contexto y a las necesidades inmediatas, de igual forma, es responsable de conocer aquello que dio resultado en el pasado y, por lo tanto, qué será mejor hacer en el futuro.

Además propone la hipótesis novedad-rutina, según la cual el hemisferio derecho se activa ante tareas novedosas, mientras el izquierdo se asocia con la solución de tareas rutinarias que implican una automatización de acciones. Por ejemplo, cuando una persona está aprendiendo a conducir, el hemisferio derecho presenta mayor actividad en la etapa de aprendizaje, sin embargo, a medida que el acto de conducir se convierte en una tarea rutinaria, ocurre una transferencia de actividad del hemisferio derecho hacia el izquierdo.

### **Modelos de secuenciación temporal**

Este tipo de modelos se caracterizan por abordar el funcionamiento ejecutivo tomando en cuenta la organización temporal de los procesos que la integran.

#### Teoría del acontecimiento estructurado

Esta teoría propuesta por Grafman (1995; 2003), tiene como elemento constituyente al acontecimiento complejo estructurado (SEC, por sus siglas en inglés). Entendiendo por SEC a una serie de eventos que poseen una secuencia particular que tiene como fin alcanzar un objetivo particular.

Los SEC se encuentran almacenados en la corteza prefrontal y poseen la información que permite encontrar la solución a un problema específico o, bien, permite alcanzar un objetivo y cuentan con las siguientes características:



- Poseen una representación independiente en la corteza prefrontal.
- Los SEC con menor umbral de activación son aquellos que se activan con mayor frecuencia.
- Los SEC se encuentran asociados, así que cuando un SEC asociado a otro se activa, será más fácil para éste último activarse.
- Los SEC están organizados categorialmente de acuerdo a las áreas corticales con las que la corteza prefrontal se conecta.
- Existe un orden jerárquico de SEC, siendo los SEC episódicos los más simples, los SEC dependientes del contexto estarían por arriba de los anteriores, los SEC independientes del contexto cuentan con una mayor jerarquía que los antes mencionados, y, finalmente, los SEC abstractos son los más complejos y de mayor jerarquía.

Una conducta compleja y estructurada como hacer una taza de café, por ejemplo, requiere de una secuencia estructurada de acontecimientos. Primero hay que poner el café en el depósito de la cafetera, llenar de la jarra, encender la cafetera, esperar a que esté listo, una vez que esto ocurre servir el café en una taza y, finalmente, endulzar al gusto.

### Organización temporal de la conducta

El modelo de organización temporal de la conducta fue propuesto por Fuster (2008), en el que hace hincapié en la estructuración temporal de la conducta, la cual es la función más importante de la corteza prefrontal. Las funciones ejecutivas surgen de la actividad del procesamiento de la información a través de redes corticales, gracias a estas redes corticales

es que se generan esquemas de acción basados en el pasado y planificados al futuro, los cuales son fundamentales para la consecución de cualquier objetivo. Este proceso requiere la participación de cuatro mecanismos fundamentales: control inhibitorio, memoria de trabajo, set preparatorio y mecanismo de supervisión.

La corteza prefrontal se encarga de activar las redes asociadas con estructuras sensitivas, así como con las implicadas en la ejecución de acciones; la memoria de trabajo se encarga de almacenar los estímulos recientes; el set preparatorio se encarga de activar los patrones de acción que van a ejecutarse; el mecanismo de supervisión registra los cambios que ocurren en el entorno, de tal forma, que puede ir modificando planes de acción. Estos cuatro procesos trabajan de forma conjunta y simultánea.

Así por ejemplo, para resolver un rompecabezas, el control inhibitorio se encarga de eliminar interferencias externas que puedan distraer, mientras la memoria de trabajo mantiene la representación del rompecabezas resuelto, El set preparatorio organiza los pasos necesarios para la solución del juego y, finalmente, El mecanismo de supervisión verifica si se está llegando con éxito a la solución del rompecabezas, de no ser así puede ir modificando los planes de acción.

### **Modelos de supervisión atencional orientada a objetivos**

Las explicaciones y propuestas de los modelos de supervisión atencional orientada a objetivos se caracterizan por otorgar un papel preponderante al proceso atencional.

### Modelo de control de la acción

Norman y Shallice (1986), proponen el modelo de control de la acción, que se compone de los siguientes elementos: unidades cognitivas, esquemas, dirimidor de conflictos y sistema atencional supervisor. Las unidades cognitivas se relacionan con sistemas anatómicos específicos y se localizan en regiones posteriores. Los esquemas se refieren a conductas o acciones que son fruto del aprendizaje y la práctica y, por lo tanto, suelen ser rutinarias o automáticas. El dirimidor de conflictos realiza una evaluación de la importancia de diferentes acciones y ajusta los esquemas de acuerdo al contexto, por lo que se encarga principalmente de conductas automáticas. Finalmente, el sistema atencional supervisor se activa cuando se presentan tareas o actividades novedosas, en las que se requiere planear, tomar decisiones e inhibir respuestas automáticas.

Por ejemplo cuando una persona que ha vivido desde pequeño en la Ciudad de México viaja a Londres, donde el sentido de circulación de los automóviles es opuesto, presenta una mayor participación del sistema atencional supervisor para planear su caminata, tomar decisiones e inhibir respuestas automáticas. Mientras el dirimidor de conflictos participa más cuando la persona camina por la ciudad de México, pues después de tantos años esta actividad se ha hecho rutinaria.

### Teoría integradora de la corteza prefrontal

Se trata de una propuesta realizada por Miller y Cohen (2001) quienes sostienen que el control cognitivo es la principal función de la corteza prefrontal, la cual se encarga de otorgar señales preferentes que dirigen el flujo de la actividad y supervisa la entrada de

información, los estados internos y la ejecución de conductas necesarias para realizar una tarea determinada. Este trabajo lo logra debido a las conexiones que tiene con regiones sensoriales, motoras y con regiones subcorticales.

Señalan que una misma tarea puede originar dos tipos de respuesta: respuestas más habituales y fuertes que son automáticas en la mayoría de los casos, las respuestas menos automáticas que resultan adecuadas para una tarea. Ahora bien, hay momentos en los que este tipo de respuestas entran en conflicto, y cuando esto ocurre, la corteza prefrontal favorece aquellas respuestas que son adecuadas a la tarea, no importa si son del primer tipo o del segundo. Pero si son del segundo tipo, la función de la corteza prefrontal consiste en inhibir la respuesta automática, ya que no es adecuada de acuerdo a la situación, para así ejecutar la respuesta débil.

Cuando existe una situación no familiar o poco rutinaria, en la corteza prefrontal se crea una representación de la actividad. Al elegir una respuesta que resulta adecuada, se refuerzan las conexiones entre la representación de la situación y la de la respuesta, por lo que en el futuro, ante situaciones parecidas, será más probable que se ejecute la respuesta que fue exitosa en el pasado. Por ejemplo cuando un niño está aprendiendo andar en bicicleta al principio tendrá dificultades para mantener el equilibrio, pero una vez que realice movimientos corporales que le permitan mantenerlo, estos movimientos serán calificados como una respuesta adecuada para la situación, por lo que en el futuro cuando el niño se suba a su bicicleta, o a otra, probablemente realizará los mismos movimientos para mantener el equilibrio.

### Modelo de control atencional

Basados en los conceptos de Fuster (2008), por un lado, y la propuesta del sistema atencional supervisor de Norman y Shallice (1986), Stuss y colaboradores (1995; 2002; 2007) plantean que el eje central del funcionamiento ejecutivo es la atención, por lo que señalan siete funciones atencionales, las cuales relacionan con estructuras neuronales específicas: mantenimiento (frontal derecho), concentración (cingulado), supresión (prefrontal dorsolateral), alternancia (prefrontal dorsolateral y frontal medial), preparación (prefrontal dorsolateral), atención dividida (cingulado y orbitofrontal) y programación (prefrontal dorsolateral).

Señalan que el lóbulo frontal por su estructura anatómica y neuroquímica, facilita la flexibilidad y la construcción dinámica de redes funcionales pertinentes para actividades específicas. Asimismo, proponen la existencia de tres procesos frontales relacionados con la atención, que trabajan en conjunto y de forma flexible de acuerdo al contexto: energización, programación de tareas y monitorización. La energización se refiere al inicio y mantenimiento de una respuesta, este proceso se relaciona anatómicamente con la zona prefrontal. La programación de tareas se refiere a la selección de un estímulo, de tantos posibles, y a la elección de la respuesta adecuada, este proceso se relaciona con el área ventrolateral del lóbulo frontal. Finalmente, la monitorización se refiere a la verificación de las actividades a lo largo del tiempo, funciona como un inspector de control de calidad y puede realizar ajustes de las conductas. Este proceso se relaciona anatómicamente con la corteza prefrontal lateral derecha. Así cuando a un niño se le pide que realice la copia de un dibujo, él decidirá si lo hace o no, haciendo evidente el proceso de energización. Si el pequeño decide hacer la copia, debe decidir qué partes dibujar primero y cuáles después,

aquí se hace patente la programación de tareas. Finalmente, el niño debe verificar si la copia que está realizando se asemeja al dibujo original, de no ser así puede realizar ajustes, el proceso de monitorización sería el encargado de llevar a cabo esto.

### Teoría del filtro dinámico

Esta teoría es planteada por Shimamura (2000; 2002), en la que señala que, por medio de un proceso de filtrado, la corteza prefrontal se encarga de controlar y monitorizar la información. El proceso de filtrado se lleva a cabo a través de cuatro etapas: selección, mantenimiento, actualización y redirección. La selección se encarga de focalizar la atención sobre las características perceptuales. El mantenimiento implica la habilidad de mantener activa la información seleccionada. La actualización hace referencia de modulación y reorganización que ocurren en la memoria de trabajo. Finalmente, la redirección se refiere a la alternancia de diferentes procesos cognitivos.

De acuerdo a esta teoría, los cuatro procesos del control ejecutivo antes mencionados, operan gracias a la interrelación que existe entre la corteza prefrontal y las regiones posteriores. Por ejemplo si se le pide una persona ordenar los libros de una biblioteca de acuerdo a su autor, la etapa de selección le permitiría focaliza su atención en los autores de los libros. La etapa de mantenimiento se encargaría de conservar el criterio de organización. Ahora bien, si se cambia el criterio de organización por otro, la etapa de actualización se encargaría de reorganizar la conducta. Por último, si a la persona se le diera la instrucción de que sólo la mitad de los libros los ordene de acuerdo al autor y la

otra mitad de acuerdo a la editorial, la etapa de redirección le permitiría realizar dicha alternancia de criterios.

### **Modelos jerárquicos funcionales de la corteza prefrontal**

Buscando una explicación más completa y compleja estos modelos se caracterizan por organizar de forma jerárquica el funcionamiento ejecutivo. Ya sea una jerarquización anatómica como la propuesta en la hipótesis sobre el eje rostrocaudal de la corteza prefrontal, o bien una jerarquización funcional como la planteada por la hipótesis de la puerta de entrada, así como una jerarquización anatómico-funcional como la propuesta por el modelo funcional en cascada.

#### Hipótesis sobre el eje rostrocaudal de la corteza prefrontal

Modelo elaborado por Christoff y colaboradores (2003; 2004; 2006), en el que proponen una organización jerárquica de la corteza prefrontal, basados en la idea de que la manipulación de la información es el sustento de los procesos de razonamiento.

Plantean que a medida que una tarea se hace más complicada, se requiere la participación de más regiones frontales. Así, ante una tarea que únicamente requiere mantener pocos ítems, como memorizar un número de teléfono, la corteza prefrontal ventrolateral presenta mayor activación. Por otro lado, cuando la tarea requiere de la monitorización y manipulación de información generada externamente, como resolver un rompecabezas, tanto la corteza prefrontal ventrolateral, como la corteza prefrontal

dorsolateral, presentan mayor actividad. Por último, ante tareas que exigen la monitorización y manipulación de información generada internamente, es decir, de información que no se percibe del entorno y el sujeto tiene que generar para resolver la tarea, como generar un plan para alcanzar un objetivo, participan la corteza prefrontal ventrolateral, la corteza prefrontal dorsolateral y la corteza prefrontal frontopolar.

### Hipótesis de la puerta de entrada

Este modelo planteado por Burgess y colaboradores (2006; 2007), propone el concepto de atención orientada por el estímulo, que se refiere a las cogniciones que son provocadas o se dirigen hacia estímulos externos al cuerpo. También habla de la atención independiente del estímulo para referirse a aquellas cogniciones que no son provocadas o que no se dirigen hacia estímulos externos.

Según este planteamiento, la corteza prefrontal medial se relaciona con la atención orientada por el estímulo, mientras que la corteza prefrontal lateral se asocia con la atención independiente del estímulo.

Existe un sistema cerebral que se encarga de identificar cuál es la fuente del estímulo, es decir, si se trata de estímulos externos o internos, a este sistema lo denominan entrada atencional supervisora. La entrada atencional supervisora funge como coordinadora entre la atención orientada al estímulo y la atención independiente del estímulo, en particular, en situaciones en las que ambos tipos de atención compiten, de tal manera que no se produzcan respuestas poco adecuadas ante la situación. Por ejemplo cuando una persona tiene una entrevista de trabajo, debe estar pendiente de la hora (estímulo externo)



para no llegar tarde y, por otro lado, estará pensando en qué tipo de preguntas le harán y qué clases de respuestas dará (atención independiente del estímulo).

### Modelo funcional en cascada de la corteza prefrontal

Modelo propuesto por Koechlin y colaboradores (2000; 2003; 2007) en el que proponen la existencia de dos ejes: posterior-anterior y medial-lateral. En relación al eje posterior-anterior, señalan que los procesos cognitivos menos complejos dependen principalmente de áreas posteriores y a medida que los procesos son más complejos, dependen de zonas anteriores.

Asimismo, se plantean cuatro niveles de control de la acción que, cabe mencionar, operan de forma parecida a una cascada: sensorial, contextual, episódico y *branching*. En el primer nivel de la cascada se encuentra el control sensorial y se refiere a la selección de acciones motoras en respuestas a estímulos, además, su funcionamiento se asocia a la corteza premotora. El control contextual hace referencia a la activación de representaciones premotoras y a las asociaciones estímulo-respuesta en relación al contexto; las zonas caudales de la corteza prefrontal se asocian con su funcionamiento. Por su parte, el control episódico se encarga de la activación de las representaciones elaboradas en los niveles anteriores de acuerdo al momento en el que aparecen los estímulos, es decir, en función del orden cronológico en el que aparecen dichos estímulos; su funcionamiento se relaciona con áreas rostrales de la corteza prefrontal. Finalmente, el *branching* se asocia con regiones polares de la corteza prefrontal y se refiere a la activación de planes de acción que están en función de planes de acción que se están desarrollando al mismo tiempo.

Por otra parte, el eje medial-lateral se refiere a la implicación de la corteza prefrontal anterior en la diferenciación entre el procesamiento de acciones de acuerdo a expectativas internas y el procesamiento de acciones que dependen del contexto.

Mediante análisis de neuroimagen, han encontrado que al presentar tareas que se llevan a cabo en secuencias esperadas, como contar del uno al diez, la corteza prefrontal anterior medial se activa; mientras que, al presentar tareas que se llevan a cabo en secuencias inesperadas, como contar de forma inversa, la corteza prefrontal anterior lateral se activa. A medida que el sujeto, al que se le presentan este tipo de tareas, empieza a descubrir la disociación, se presenta actividad en la región prefrontal polar.

### **Modelos integradores cognición-emoción**

Estos modelos tienen la particularidad de agregar a su propuesta del funcionamiento ejecutivo al aspecto emocional y explican como éste influye en los procesos cognoscitivos.

#### Hipótesis del marcador somático

Propuesta elaborada por Antonio Damasio (1998), en la que trata de explicar el rol que juegan las emociones en la toma de decisiones y en el razonamiento, por lo tanto, en el funcionamiento ejecutivo. Este modelo se caracteriza por el hecho de englobar tanto procesos cognitivos y emocionales, así como sistemas neuroatómicos.

Está basado, principalmente, en observaciones clínicas con pacientes que, ante lesiones en la corteza prefrontal ventromedial, no presentaban déficits en pruebas

neuropsicológicas, pero que tenían poca capacidad para generar respuestas emocionales adecuadas.

El marcador somático se trata de un mecanismo emocional y se basa en los procesos de autorregulación y de homeostasis. Existen dos maneras en las que un marcador somático se genera: a partir de eventos inductores primarios y a partir de eventos inductores secundarios. Los eventos inductores primarios se refieren a los estímulos que se asocian con estados de placer o de aversión, como tomar un helado por ejemplo. Por su parte, los eventos inductores secundarios se generan del recuerdo personal de un evento emocional, se refiere a cuando al recordar o imaginar una situación se produce placer o aversión, como recordar la ocasión en la que se comió helado. Para la generación de marcadores somáticos, la amígdala es la estructura responsable, pues se encarga de disparar señales emocionales a partir de las cuales se generan respuestas concretas.

En la toma de decisiones, los marcadores somáticos influyen en regiones cerebrales específicas. En las decisiones que se toman de forma implícita, los marcadores somáticos actúan sobre el estriado, el cual está implicado en la modificación de la conducta. Por otro lado, los marcadores somáticos actúan de forma explícita sobre la corteza cingulada anterior, relacionada con la programación de la acción. De igual forma, estos marcadores influyen en la función de la corteza orbitofrontal lateral y de la corteza prefrontal dorsolateral, en estas estructuras, la influencia de los marcadores ocurre a nivel de pensamiento o recuerdo, mas no de conducta.

## Teoría de la complejidad cognitiva y control

Planteada por Zelazo (2003; 2006; 2011), a partir de sus investigaciones sobre el desarrollo de las funciones ejecutivas, la teoría de la complejidad cognitiva y el control, propone dos tipos de funciones ejecutivas: cálidas y frías. Las funciones cálidas se refieren a la parte emocional y motivacional y su funcionamiento se asocia con la corteza orbitofrontal. Mientras las funciones frías se refieren a los aspectos meramente cognitivos y se relacionan con la corteza dorsolateral.

Para regulación de la conducta, las funciones cálidas y frías trabajan en conjunto, mediante una red neuronal establecida entre la corteza orbitofrontal y la corteza dorsolateral. Por ejemplo en sujetos sanos la interacción entre estas estructuras permite la autorregulación del comportamiento.

## **Modelos basados en análisis factoriales**

Estos modelos se caracterizan por emplear el análisis factorial para encontrar componentes del funcionamiento ejecutivo. Esto lo hacen a partir de la aplicación de baterías de pruebas a un número considerable de participantes y, a partir de los resultados obtenidos, se identifican componentes ejecutivos claramente diferenciados.

### Modelo de Miyake

Miyake y colaboradores (2000; 2012) proponen un modelo utilizando el análisis factorial en el que señalan tres componentes del funcionamiento ejecutivo: actualización, inhibición y alternancia.

La actualización se refiere al monitoreo, manipulación y codificación de la información relevante para la tarea, este proceso ocurre gracias a la memoria de trabajo. La inhibición se entiende como la capacidad de controlar deliberadamente la emisión de respuestas dominantes o automáticas cuando la situación lo requiera. Finalmente, la alternancia se refiere a la capacidad de cambiar de forma flexible entre diferentes procesos o esquemas mentales.

Es importante señalar que estas tres funciones son diferenciables, mas no operan de forma independiente ni separada.

#### Conclusiones sobre los modelos

El concepto de funciones ejecutivas es tan amplio que, en ocasiones, resulta complicado elaborar una definición, aunque es innegable que su estudio es de gran importancia. Por otra parte, como se pudo apreciar en este capítulo existen diferentes modelos que intentan explicar su funcionamiento. Al final cada uno aporta conceptos importantes y, de alguna forma, sus propuestas cuentan con los fundamentos suficientes para ser tomadas en cuentas. A pesar de esto, para fines de este trabajo se adoptará el modelo de organización temporal de la conducta planteado por Joaquín Fuster.

**CAPÍTULO 2**  
**DESEMPEÑO ESCOLAR Y**  
**FUNCIONES EJECUTIVAS**

## Capítulo 2. Desempeño escolar y funciones ejecutivas

Las funciones ejecutivas y el contexto escolar tienen una relación particular, pues le permiten al estudiante potenciar sus procesos de aprendizaje, mientras el contexto escolar brinda experiencias estimulantes que promueven el funcionamiento ejecutivo (Korzeniowski, 2011).

Existen diversos estudios que señalan la estrecha relación entre las funciones ejecutivas y el desempeño escolar (Bull & Scerif, 2001; Blair & Scerif, 2007; Geary, Hoard, Byrd-Craven, Nugent & Numtee, 2007).

Por ejemplo, se ha encontrado que las funciones ejecutivas inhiben conductas y pensamientos inapropiados, regulan la atención y monitorean las acciones de los pequeños (Arnsten & Li, 2005; Geary et al., 2007).

En un estudio realizado por McClelland, Cameron, Connor, Farris, Jewkes y Morrison (2007), se encontró que las funciones ejecutivas, en particular la autorregulación de la conducta es un predictor importante de la solución de problemas matemáticos, del vocabulario fluido y de la habilidad literaria.

Por otro lado, se ha establecido una relación estrecha entre la memoria de trabajo y el desempeño en las matemáticas, tanto en adultos como en niños (Toll, Van der Ven, Kroesbergen & Van Luit, 2011). Aunque se debe considerar que dicha relación es compleja e intervienen diferentes factores que se deben tomar en cuenta, como la edad, el nivel de habilidad, el lenguaje de la instrucción, la forma en que los problemas matemáticos son presentados y el tipo de habilidad matemática que se está evaluando (Raghubar, Barnes & Hecht, 2010).

La memoria de trabajo se relaciona con la actividad lectora de niños escolares que tienen un óptimo desempeño en tareas que evalúan la capacidad de la memoria de trabajo, presentan un buen resultado al realizar tareas de lectura (De Abreu, Abreu, Nikaedo, Puglisi, Tourinho, Miranda & Martin, 2014).

La planificación, la flexibilidad, el control inhibitorio y la memoria de trabajo se relacionan con tareas de narración (Hooper, Swartz, Wakely, De Kruif & Montgomery, 2002). También la inhibición juega un rol importante tanto en la lectura como en la escritura, además de que las funciones ejecutivas se relacionan con la alfabetización de niños que sufren dislexia (Altemeier, Abbott & Berninger, 2008).

El impacto de las funciones ejecutivas en el fracaso escolar, ha sido descrito, ya que niveles bajos de control inhibitorio, memoria de trabajo y solución de problemas, se asocian con mayor probabilidad de presentar fracaso escolar (Gardner, 2009).

Si bien es cierto que las funciones ejecutivas influyen en el desempeño escolar, éstas son necesarias pero no suficientes, pues existen otras variables que pueden influir en los logros académicos (Bryce, Whitebread & Szücs, 2014).

Se debe considerar que el nivel socioeconómico influye en el desarrollo de las funciones ejecutivas, se ha encontrado que los niños que pertenecen a un nivel socioeconómico bajo presentan problemas en el desarrollo ejecutivo, lo que a su vez provoca dificultades académicas (Bernier, Carlson & Whipple, 2010). Por ejemplo, niños de tres años que provenían de familias de bajos recursos, tenían un bajo desempeño ejecutivo y, como consecuencia, pobre desempeño escolar (Blair, Granger, Willoughby, Mills-Koonce, Cox, Greenberg, Kivlighan & Fortunato, 2011).



Como se puede apreciar, la relación entre las funciones ejecutivas y el desempeño escolar es estrecha, pues como ha quedado de manifiesto estas funciones promueven el éxito académico. Por esta razón es importante elaborar diseños de intervención que fomenten el desarrollo ejecutivo en el contexto escolar, lo que provocaría que el desempeño escolar del niño se vea beneficiado.

**CAPÍTULO 3**  
**EVALUACIÓN DE LAS**  
**FUNCIONES EJECUTIVAS**

### 3. Evaluación de las funciones ejecutivas

Debido a que el concepto de funciones ejecutivas engloba una gran variedad de procesos psicológicos, llevar a cabo una evaluación efectiva y eficaz es una tarea difícil y se convierte en un reto, es por esta razón que resulta pertinente identificar las funciones ejecutivas que se están evaluando con tareas específicas (Delgado-Mejía & Etchepareborda, 2013).

A continuación se presentan las pruebas y baterías más utilizadas en la neuropsicología clínica y escolar para evaluar las funciones ejecutivas.

Behavior Rating Inventory of Executive Function (BRIEF) es un cuestionario que se creó con el objetivo de evaluar las funciones ejecutivas en la vida diaria de niños adolescentes de cinco a diez años de edad. Se compone de dos cuestionarios de 86 apartados, un cuestionario es contestado por los padres y, el otro, por el profesor del niño o adolescente a evaluar. Este cuestionario evalúa los siguientes aspectos de las funciones ejecutivas: inhibición, cambio, control emocional, iniciativa, memoria de trabajo, organización y planificación, orden y control (Gioia, Isquit, Guy & Kenworthy, 2000; Gioia, 2011).

El test D-KEFS (Delis-Kaplan executive function system) desarrollado por Delis, Kaplan y Kramer (2000), es de aplicación individual y se utiliza tanto con niños como con adultos. Se compone de nueve subtests que evalúan la flexibilidad, inhibición, resolución de problemas, planificación, control de impulsos, formación de conceptos, pensamiento abstracto y creatividad. Su aplicación se recomienda con pacientes con moderado o severo daño cerebral debido a que es de utilidad para detectar dificultades en los mecanismos

involucrados en la solución de problemas y debido a que su solución no suele generar frustración en el paciente (Delis, Kramer, Kaplan & Holdnack, 2004).

El test de clasificación de tarjetas de Wisconsin (WCST) es una de las tareas más utilizadas en la evaluación de las funciones ejecutivas, en particular, la capacidad de abstracción, la formación de conceptos y el cambio de estrategias como consecuencia a los cambios ambientales (Delgado-Mejía & Etchepareborda, 2013). Se compone de dos juegos de 64 cartas, las cuales tienen tres atributos: forma, color y número. El objetivo de la tarea es clasificar las cartas a partir de un criterio relacionado con los atributos mencionados.

El test *Stroop* de colores evalúa la flexibilidad mental, atención selectiva, inhibición y velocidad de procesamiento (Rognoni, Casals-Coll, Sánchez-Benavides, Quintana, Manero, Calvo & Peña-Casanova, 2013). Esta prueba se compone de tres láminas con 100 elementos cada una. En la primera lámina aparecen las palabras “azul”, “rojo” y “verde”, impresas en tinta negra y con un orden aleatorio. En la segunda lámina se presentan 100 ítems iguales impresos en tinta verde, azul o roja. Finalmente, en la tercera lámina aparecen las palabras “azul”, “rojo” y “verde”, impresas en esos mismos colores, pero sin que coincida el significado de la palabra con el color de la tinta.

La prueba Torre de Londres. La Torre de Londres, fue desarrollada por Shallice (1982), con el objetivo de identificar alteraciones en la planeación asociada a disfunción frontal, se trata de adaptación del tipo de problema que se presenta en la torre de Hanoi, y permite que la dificultad de los problemas sea gradual (Cepeda, Hickman, Arroyo, Moreno & Plancarte, 2015).

Se requiere para su realización de la participación de procesos como la planeación, la memoria de trabajo, la atención, la respuesta inhibitoria y flexibilidad mental. Estos procesos, no son únicamente importantes para realizar esta prueba, sino que son imprescindibles para realizar cualquier actividad que los seres humanos desarrollan (Asato, Sweeney & Luna, 2006).

La batería neuropsicológica de funciones frontales y ejecutivas (BANFE), desarrollada por Flores-Lázaro, Ostrosky-Shejet y Lozano-Gutiérrez (2012), está compuesta por 14 tareas y pruebas que fueron seleccionadas por su validez neuropsicológica: test *Stroop*, prueba de cartas tipo Iowa, laberintos, prueba de memoria autodirigida, prueba de cubos de Corsi, prueba de memoria de trabajo verbal-ordenamiento, prueba de clasificación de cartas de Wisconsin, torre de Hanoi, resta consecutiva, fluidez verbal, comprensión de refranes, generación de categorías semánticas y prueba curva de metamemoria.

Como se puede apreciar, la evaluación de las funciones ejecutivas resulta una tarea complicada ya que se trata de constructo multidimensional y complicado de definir. Sin embargo, se han realizado esfuerzos por conseguirlo y se han elaborado, como ya se vio, numerosas pruebas y tareas para evaluar a dichas funciones, aun así, la mayoría de los tests neuropsicológicos no son siempre del todo eficaces para evaluar funciones cognitivas puras, por lo que los resultados arrojados por las evaluaciones deben interpretarse con prudencia.

**CAPÍTULO 4**  
**LA PRUEBA TORRE DE**  
**LONDRES**

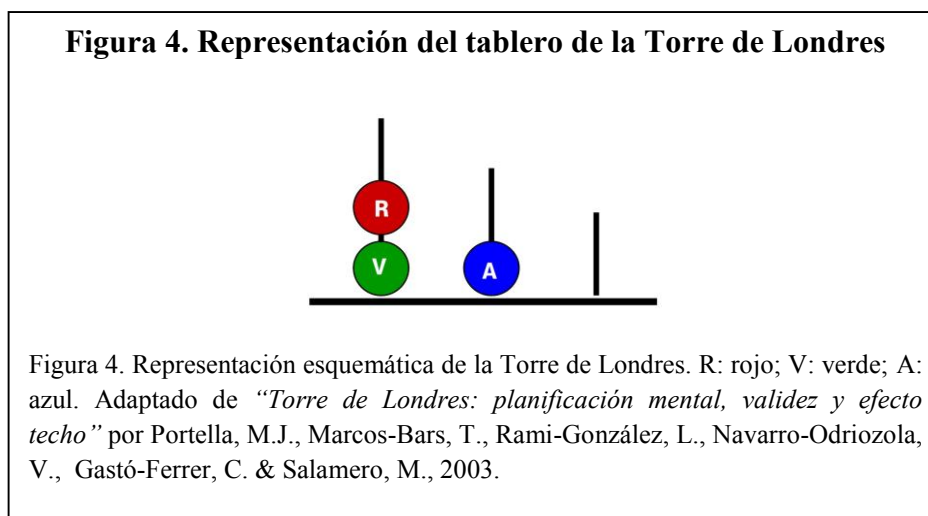
#### 4. La prueba Torre de Londres

La Torre de Londres (TOL) es un test neuropsicológico que es utilizado a menudo para evaluar la integridad de la corteza prefrontal (Asato, Sweeney & Luna, 2006). Es una prueba de planificación y resolución de problemas que requiere para su solución la participación de diversos procesos como la organización de la tarea, iniciación del plan, la memoria de trabajo, la inhibición de distractores y la flexibilidad. Se trata de una modificación realizada por Shallice en 1982 a partir de la Torre de Hanoi. Shallice desarrolló la TOL como medida para identificar alteraciones en la planificación de personas adultas. Se considera que la Torre de Hanoi no cuenta con las propiedades psicométricas requeridas debido a que no permite la variación de la dificultad en la solución de los diferentes tipos de problemas. Las modificaciones hechas por Shallice permiten la presentación de diferentes configuraciones de problemas con diferentes niveles de dificultad (Culbertson & Zilmer, 1998). En la actualidad, se usa para evaluar la memoria de trabajo y la flexibilidad mental (Injoque-Ricle y Burin, 2008).

Se trata de una herramienta útil para evaluar a sujetos normales, lo cual permite conocer el funcionamiento normal de los procesos involucrados en su solución. Algunas investigaciones muestran que permite evaluar el desarrollo de la planificación y la solución de problemas en niños normales. Los pacientes con daño frontal y los pacientes con mal de Parkinson presentan grandes dificultades en el desempeño de esta tarea (Dagher, Owen, Boecker & Brooks, 1999). Se ha encontrado que el desempeño en la prueba alcanza un nivel óptimo en la adolescencia, siendo aún deficiente a los 12 años de edad (Asato, Sweeney & Luna, 2006).

A diferencia de la Torre de Hanoi, la TOL cuenta con tres modificaciones. La primera es que cada ensayo es un problema nuevo. La segunda es que la TOL tiene menos reglas, por ejemplo en la TOL existe la regla que prohíbe colocar los discos grandes sobre los pequeños. Y, la tercera, es que la TOL presenta menos espacio para la resolución del problema (Injoque-Ricle y Burin, 2008).

Los materiales de la TOL incluyen dos estructuras de torres idénticas, una para el participante y otra para el examinador. Cada estructura tiene tres clavijas de medidas descendientes sobre una base de madera (ver figura 4) (Culbertson & Zilmer, 1998).



En la prueba TOL los participantes tienen que reorganizar un conjunto de tres cuentas de colores a una configuración específica en un mínimo número de movimientos, lo cual requiere la planeación y ejecución de una secuencia de movimientos para alcanzar el objetivo determinado, respetando las dos reglas de la tarea (Asato, Sweeney & Luna, 2006). La primera es que únicamente se puede mover una cuenta por vez. La segunda regla es que dado su tamaño en las clavijas solamente cabe un determinado número de cuentas, en la



clavija más alta caben tres cuentas, en la mediana caben dos y en la pequeña sólo una. (Injoque-Ricle y Burin, 2008).

Los participantes cuentan con dos minutos para resolver cada problema, sin importar el grado de dificultad, sin embargo una vez que ha pasado un minuto y se ha resuelto el problema, se asigna una violación del tiempo. Este criterio permite medir la eficacia de la planeación y la solución de problemas (Culbertson & Zilmer, 1998).

Los problemas más fáciles requieren una mínima cantidad de planeación, mientras que los problemas más complejos requieren niveles altos de planeación, desarrollo de submetas y la inhibición de movimientos incorrectos. La dificultad creciente en los problemas permite la representación y diferenciación de un amplio rango de diferencias individuales en el desempeño de la prueba (Asato, Sweeney & Luna, 2006).

Se entiende que los sujetos que logran armar correctamente la mayor cantidad de diseños, sin sobrepasar el número de movimientos y en el menor tiempo, son aquéllos que tienen una capacidad de planeación efectiva (Matute, Chamorro, Inozemtseve, Barios, Rosselli & Ardila, 2008).

Seis puntuaciones son analizadas: movimientos, violaciones del tiempo, violaciones a las reglas, tiempo inicial, tiempo de solución y tiempo total de solución. La puntuación de movimientos se obtiene de restar los movimientos mínimos para la solución de los movimientos realizados por el participante. El tiempo inicial se refiere al lapso que ocurre desde que el examinador presenta el problema a resolver hasta que el participante realiza el primer movimiento de cuentas. El tiempo de solución abarca desde el momento en el que se realiza el primer movimiento de cuentas hasta que se completa o discontinúa la solución

del problema. El tiempo total de solución es el intervalo que ocurre desde que es presentado el problema a resolver hasta que se completa o discontinúa la solución del problema (Culbertson & Zilmer, 1998).

Existen varias maneras de aplicación de la TOL, por ejemplo para la presentación de la configuración final que se debe alcanzar, hay quienes presentan una tarjeta con esquema del aparato, otros, en cambio, le presentan a los sujetos una fotografía y hay quienes prefieren presentar la configuración a alcanzar en otro instrumento exactamente igual al de los participantes (Injoque-Ricle y Burin, 2008).

Actualmente, gracias al avance tecnológico, las pruebas psicológicas y neuropsicológicas han empezado a ser computarizadas, tal es el caso de la TOL. Sin embargo, la aplicación de la versión computarizada de la TOL puede no ser tan efectiva por las siguientes razones: su uso puede limitar la atención de individuos con alteraciones cerebrales; para los niños más pequeños en los que no se han desarrollado del todo las habilidades abstractas, tienen más dificultades en la solución de tareas computarizadas que cuando pueden manipular los materiales; la aplicación analógica de la TOL le permite al examinador observar los aspectos cualitativos de la solución de la tarea, lo cual no puede realizarse con la versión computarizada; la TOL requiere la interacción entre el participante y el examinador, para así proveer información relacionada con la prueba dentro de un contexto social (Culbertson & Zilmer, 1998).

En cuanto a las investigaciones realizadas con este instrumento se ha establecido una relación entre el desempeño en la TOL y la corteza prefrontal (Dagher et al., 1999). Sin embargo estudios de imagen funcional (Köstering, Nitschke, Schumacher, Weiller &

Christoph, 2015) han identificado que esto no se limita a la corteza prefrontal, ya que han identificado una larga red cortical de asociación entre diversas estructuras, como la corteza parietal, la corteza premotora, el cíngulo y el cerebelo.

Por otro lado, se reporta que existe una relación entre la edad de los participantes y la eficacia para resolver la prueba, puesto que la eficacia se incrementa con la edad. Esto no es exclusivo en personas normales, sino que también ocurre con sujetos con déficit de atención e hiperactividad. Por otro lado, las violaciones tanto a las reglas como de tiempo, disminuyen conforme la edad aumenta (Culbertson & Zilmer, 1998).

La mayoría de las pruebas más empleadas para la evaluación de las funciones ejecutivas han sido específicamente desarrolladas para poblaciones adultas y a menudo resultan inapropiadas o poca atractivas con niños. La prueba TOL es una herramienta bien conocida en la neuropsicología, comúnmente empleada en la práctica clínica para identificar problemas en la planeación de la función ejecutiva. Originalmente la prueba fue diseñada para su utilización con adultos, sin embargo posee características que le permiten ser fácilmente aplicada a poblaciones infantiles, ya que puede ser aplicada con relativa rapidez y, además, las tareas de la prueba son desafiantes y atractivas para niños de diversas edades (Anderson, Anderson & Lajoie, 1996).

Generalmente las variables de estudio con la TOL incluyen el número de ensayos correctamente resueltos, el número de movimientos realizados, el tiempo de latencia, el tiempo total de respuesta, los ítems realizados con el mínimo de movimientos establecidos, así como el número de intentos para resolver cada ensayo (Matute et al., 2008).

Los niños de 4 años tienen un desempeño menos efectivo que los niños de 5 a 8 años, mientras éstos tienen una eficacia menor a la de los de 9 a 12 años, por su parte los niños de 12 años incluso muestran un desempeño similar al de los adultos (Luciana, 2003).

En una investigación realizada con pequeños de 3 a 12 años (Klenberg, Korkman & Lahti-Nuutila, 2001) se analizó el número de diseños armados correctamente y se encontró que, desde los 8 años, no existían diferencias en los resultados con niños más grandes, lo cual sugiere que a esta edad se alcanzó un nivel de ejecución comparable con el de los niños de 12 años.

En un estudio realizado con una muestra con un rango de edad más amplio, que iba de los 8 a los 64 años, se analizó la capacidad de responder correctamente a la prueba, sin tomar en cuenta el número de movimientos mínimos establecidos, y se observó que los niños de 8 a 10 años resolvió menos problemas de manera exitosa que los participantes de 15 a 29 años, por otra parte, cuando se tomó en cuenta el número de movimientos mínimos establecidos, tanto los niños de 8 a 10 años como los de 11 a 14 años tuvieron menos soluciones perfectas en comparación con los participantes de 15 a 29 años, lo cual apoya la idea de que estas funciones siguen desarrollándose incluso después de la adolescencia entre los 20 y 29 años (De Luca, Wood, Anderson, Buchanan, Proffitt & Mahony, 2003).

Raizner, Song y Levin (2002), realizaron una investigación en la que identificaron una relación entre la edad y el grado de complejidad de los ítems de la prueba con respecto al tiempo de planificación inicial, en su estudio encontraron que los niños de 10 a 12 años eran más rápidos para comenzar a resolver los problemas más sencillos, pero cuando el problema era más complejo, se tomaban más tiempo antes de comenzar a realizar el primer

movimiento; mientras los niños de 7 a 9 años tenían tiempos de latencia más largos en los problemas más sencillos y tiempos de latencia más cortos en los problemas más complejos.

Como se puede apreciar, de acuerdo a las características de la prueba Torre de Londres, es un instrumento que permite evaluar el funcionamiento ejecutivo y además resulta ser útil para la evaluación del funcionamiento ejecutivo en niños, es por ello que ha sido elegida para el presente estudio.

# **CAPÍTULO 5**

**EJECUCIÓN DE LA PRUEBA TORRE DE  
LONDRES DE ACUERDO AL MODELO DE  
ORGANIZACIÓN TEMPORAL DE LA  
CONDUCTA**

## **5. Ejecución de la prueba Torre de Londres de acuerdo al modelo de organización temporal de la conducta**

Para resolver con éxito los ejercicios presentados por la Torre de Londres, es necesaria la participación de diversos procesos que se relacionan y forman parte de las funciones ejecutivas (Cepeda et al., 2015). Es por ello que es posible realizar un análisis de su solución a partir de los diferentes modelos explicativos del funcionamiento ejecutivo. Para el presente estudio este análisis se hará de acuerdo al modelo de organización temporal de la conducta propuesto por Fuster (1997; 1999; 2002; 2004 & 2008).

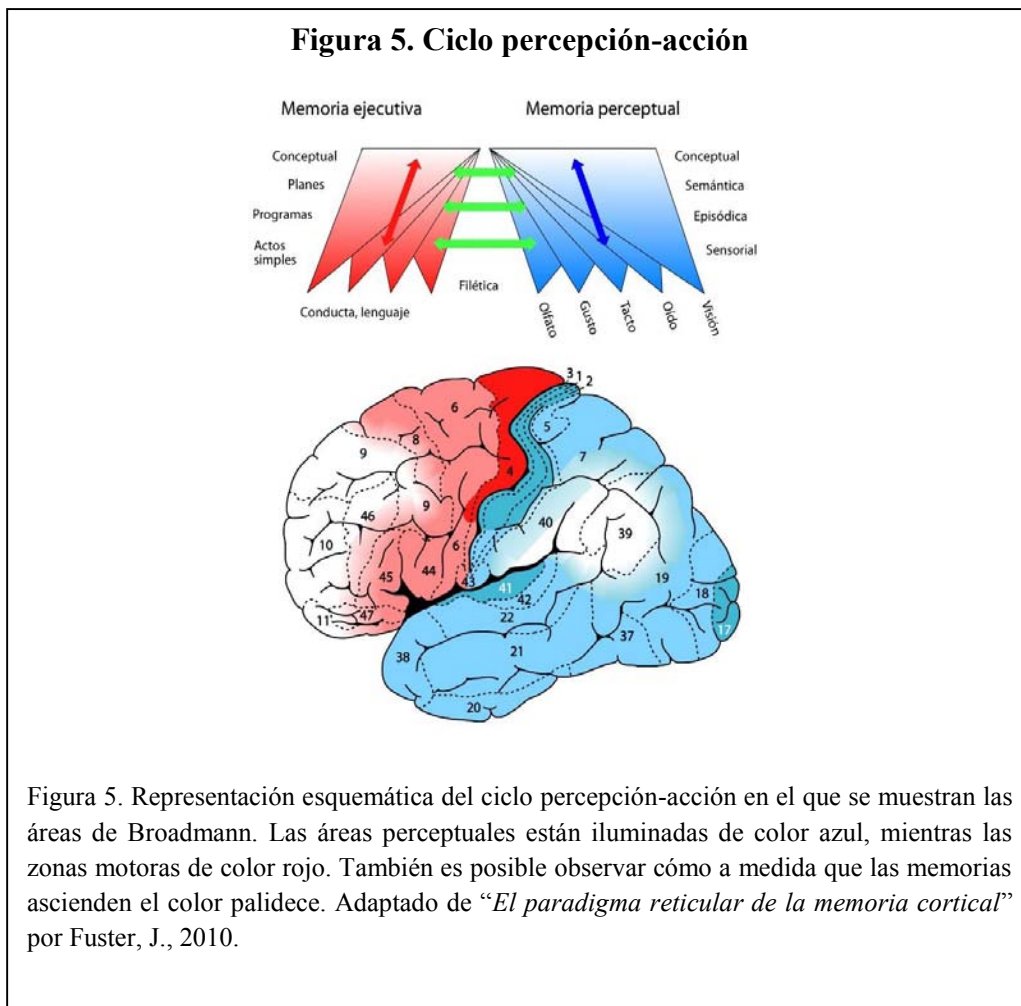
El modelo de Fuster se basa en tres planteamientos:

- Organización jerárquica del lóbulo frontal
- Ciclo percepción-acción
- Organización temporal de la conducta

Establece un orden jerárquico del lóbulo frontal que parte de las neuronas motoras, pasa por los núcleos motores, el cerebelo, el tálamo y los ganglios basales, hasta llegar al lóbulo frontal. A su vez, el lóbulo frontal también se organiza jerárquicamente, iniciando con la corteza motora primaria, la corteza premotora, hasta llegar a la corteza prefrontal. Por lo tanto, las representaciones de las acciones más elementales parten desde la corteza motora primaria y las representaciones más generales y abstractas de la acción en la corteza prefrontal lateral (Fuster, 1997).

Aunque la corteza prefrontal es la principal responsable del funcionamiento ejecutivo, no realiza ningún proceso por sí sola ya que requiere la participación de otras estructuras corticales y subcorticales formando así el ciclo percepción-acción (Fuster, 2002;

2004). De acuerdo a este ciclo, en regiones posteriores, como los lóbulos parietales, temporales y occipitales, se lleva a cabo la memoria perceptual y se refiere a la percepción de estímulos y al envío de información a regiones anteriores, en particular a los lóbulos frontales, quienes a partir de la información recibida se encargan de emitir una respuesta, ocurriendo así la denominada memoria ejecutiva (ver figura 5). Este trabajo coordinado entre regiones anteriores y posteriores ocurre gracias a las conexiones anatómicas y funcionales que existen entre dichas zonas, en especial entre el área dorsolateral de la corteza prefrontal y el área posterior del lóbulo parietal. Es así como la corteza prefrontal tiene acceso a información sensorial y motora (Fuster, 1997).





Las conexiones establecidas entre regiones anteriores y posteriores se van formando de acuerdo a la experiencia y a la interacción contextual, es por ello que ante estímulos que se han asociado a ciertas respuestas, cada que aparezcan éstos es muy probable que se responda de la misma forma, formando así redes neuronales.

Plantea que el principal rol de la corteza prefrontal, en particular de la región dorsolateral, es la estructuración temporal de la conducta para lograr objetivos biológicos o cognoscitivos, lo cual implica la integración de estímulos aislados, acciones y planes dirigidos hacia la consecución del objetivo (Fuster, 2002).

La estructuración temporal de la conducta es el resultado del trabajo cooperativo de la corteza prefrontal, en particular, el área dorsolateral, regiones subcorticales y zonas posteriores de la corteza. Este trabajo cooperativo es el sustento para cuatro procesos cognoscitivos que son esenciales para la integración temporal de la conducta: control inhibitorio, memoria de trabajo, *set* preparatorio y mecanismo de supervisión. Los cuatro procesos operan de forma simultánea y coordinada para alcanzar cualquier objetivo.

A continuación se explica el funcionamiento de tales procesos y se relacionan con la solución de la prueba Torre de Londres.

### **5.1 Control inhibitorio**

El control inhibitorio es una función ejecutiva que se encarga de registrar y suprimir información irrelevante, innecesaria o conductas inapropiadas de acuerdo al contexto a actividad que se esté realizando (Fuster, 2008).

El control inhibitorio se encarga de eliminar los estímulos internos o externos que pueden interferir en la acción que se esté llevando a cabo. Al suprimir la información irrelevante, permite que la atención se dirija a la acción deseada. Entre los estímulos que pueden provocar interferencia se encuentran los siguientes (Jódar-Vicente, 2004):

- Impulsos y conductas instintivas. Aquellos pacientes que presentan una alteración en las regiones orbitomediales del lóbulo frontal pueden presentar irritabilidad, hiperactividad e impulsividad, es decir, hay una pérdida del control inhibitorio.
- Interferencias procedentes de los sistemas sensoriales que no se relacionan con la acción a desarrollar. Se refiere a los estímulos que, procedentes de regiones posteriores, llegan a la corteza prefrontal, pero que, al no ser útiles o relevantes para la acción son inhibidos. Evidentemente, en pacientes con lesiones orbitofrontales esto no ocurre, por lo que no es extraño observar distracciones anormales e hiperreactividad a estímulos sensoriales.
- Representaciones motoras de las acciones que no se relacionan o que no son compatibles con la meta actual. Se refiere a los hábitos o programas motores que se han aprendido y que se encuentran de manera permanente en la memoria a largo plazo.

Estudios de neuroimagen señalan la activación de la corteza frontal inferior derecha ante tareas que requieren del control inhibitorio, por lo que al existir una lesión en dicha área el control inhibitorio resulta deficiente (Aron, Robbins & Poldrack, 2004; Fuster, 2008).

Para la solución de los ítems planteados en la Torre de Londres la inhibición tiene un rol crucial, ya que se encargaría de eliminar información irrelevante a la tarea y controlar que se respeten las dos reglas estipuladas en la prueba: únicamente se pueden colocar el número permitido de cuentas en las clavijas y sólo se puede mover una cuenta a la vez. Mientras se resuelva la actividad existen situaciones en las que si se toman dos cuentas al mismo tiempo para intercambiarlas de lugar se llegaría al arreglo de cuentas establecido, pero se estaría violando la segunda regla. También existen momentos en los que si se colocarán más cuentas de las permitidas, se alcanzaría el arreglo de cuentas establecido, aunque se violaría la primera regla. Es por ello que la inhibición tiene un papel determinante en la solución exitosa de la prueba.

## **5.2 Memoria de trabajo**

El modelo de organización secuencial de la conducta basa su concepción de la memoria de trabajo en la propuesta de Baddeley y Hitch (1974; 1990; 2003), en la que señalan que la memoria de trabajo es la retención temporal de un conjunto de información que es necesaria para resolver un problema o una operación mental.

Baddeley y Hitch (1974), plantearon un modelo del funcionamiento de la memoria de trabajo en el cual la dividen en tres componentes: el ejecutivo central, la agenda visoespacial y el lazo fonológico. El modelo de memoria de trabajo propuesto por Baddeley y Hitch se diferencia de los modelos de depósito a corto plazo, en gran medida por el carácter activo y dinámico del funcionamiento del ejecutivo central (Flores, 2008).

La agenda visoespacial se encarga de almacenar la información visoespacial y permite planificar los movimientos y reorganizar el contenido del almacén visual. El lazo fonológico, por su parte, se encarga de almacenar de manera temporal los estímulos verbales, y se compone, a su vez, de un almacén fonológico y de un subsistema de recapitulación articulatorio. Finalmente, el ejecutivo central es el centro de control del sistema, y se encarga de seleccionar las estrategias cognitivas y coordina la información de acuerdo a su modalidad.

Entre las funciones del ejecutivo central se encuentran las siguientes: la coordinación de tareas dobles o la capacidad para realizar dos actividades mentales simultáneamente, los cambios de las estrategias de evocación, la activación de información en la memoria a largo plazo y las funciones de atención selectiva (Baddeley, 1990).

Baddeley (2003) añade a este modelo un componente más, se trata del almacén episódico, el cual se encarga de almacenar, de forma limitada, información multimodal integrándola en escenas, episodios o modelos mentales.

La corteza prefrontal coordina los procesos de activación cerebral para mantener la información por períodos cortos de tiempo (Serón, Van der Linden & Andrés, 1999). Tanto el lazo fonológico como la agenda visoespacial se relacionan con el sistema visual dorsal, para la visión espacial, y con el sistema visual ventral, para el reconocimiento de objetos (Kolb y Whishaw, 2006). Con la ayuda de técnicas de neuroimagen, se han realizado diversos estudios que asocian el funcionamiento del lazo fonológico y la agenda visoespacial con la actividad de zonas temporales y parietales izquierdas, por su parte el ejecutivo central se relaciona con la corteza prefrontal (Baddeley, 2003). Collete y Andres

(1999) en un estudio realizado con imagen por resonancia magnética funcional (IRMf), encontraron que en tareas que involucran material verbal, la corteza prefrontal dorsolateral izquierda, en particular el giro inferior izquierdo, lo que indica que esta región además de tener una función inhibitoria, participa en el proceso de evocación durante tareas de memoria de trabajo verbal. Queda claro lo trascendente de los lóbulos frontales para manipular la información contenida en la memoria, lo cual permite ejecutar conductas adaptativas (Tirapu et al., 2008).

Aunque su modelo se basa en los planteamientos de Baddeley y Hitch, Fuster (2002) señala que la memoria de trabajo es una función retrospectiva que mantiene información sensorial reciente y que se encarga de activar temporalmente una red cortical distribuida en la memoria a largo plazo

Para la solución de la Torre de Londres la participación de la memoria de trabajo resulta relevante, ya que para resolver los ítems de la prueba es necesario retener temporalmente las instrucciones generales y las reglas del test, manifestando así la función retrospectiva de la memoria de trabajo señalada por Fuster. Además se requiere la elaboración de un plan para alcanzar el arreglo de las cuentas establecido, dicho plan también debe retenerse temporalmente en la memoria para ir verificando si se está llegando al objetivo, en caso de no ser así, se deberá realizar un ajuste en el plan.

### **5.3 Set preparatorio**

Mientras la memoria de trabajo involucra una integración temporal retrospectiva, el *set* preparatorio realiza una integración temporal prospectiva, es decir, prepara al organismo

para actuar ante estímulos detectados por anticipado. Su funcionamiento está íntimamente ligado con el área dorsolateral de la corteza prefrontal (Fuster, 2002).

El *set* preparatorio se encarga de elaborar y activar los planes de acción más adecuados de acuerdo a la información que recibe la corteza prefrontal proveniente de regiones posteriores (Fuster, 2002). Tales planes de acción están dirigidos hacia alcanzar un objetivo determinado e implican la coordinación de actos para la consecución del objetivo principal y de actos para alcanzar sub-objetivos (Fuster, 2008).

El óptimo funcionamiento del *set* preparatorio es relevante debido a que en la mayoría de las ocasiones la conducta humana no responde a estímulos inmediatos, sino que se compone de conductas planeadas a futuro (Damasio, 1998).

Esta capacidad requiere de la elaboración, selección y secuenciación de esquemas que permitan resolver un problema en el que se necesitan movimientos contraintuitivos, es decir, aquellos movimientos que parecen ir en contra de la solución, pero que sin ellos no se alcanzaría el objetivo (Flores & Ostrosky, 2012).

Con base en observaciones y análisis estadísticos realizados a partir de la ejecución de la TOL, Dehaene y Changeux (1998) proponen un modelo jerárquico de la misma. Los ítems de la TOL se pueden dividir en tres niveles, de acuerdo a su dificultad, el primero lo llaman nivel de gesto y necesita de una coordinación sensorio-motora para que señale la ubicación de las cuentas; en el segundo nivel llamado de operación, una secuencia de movimientos elementales se debe programar para llevar una cuenta de su clavija inicial hasta su clavija destino; en el tercer nivel de plan, las secuencias de operaciones deben ser seleccionadas, ejecutadas, evaluadas y aceptadas o inhibidas en función de su capacidad

para resolver o no el problema. En estos tres niveles el *set* preparatorio juega un papel determinante para la solución exitosa de la prueba.

#### **5.4 Mecanismo de supervisión**

Finalmente, el cuarto proceso es el mecanismo de supervisión el cual se encarga de integrar los planes de acción elaborados por el *set* preparatorio y de registrar los cambios en el entorno a fin de verificar si los planes de acción siguen siendo adecuados para el logro del objetivo planteado, en caso de no serlo, introduce los cambios necesarios en los mismos. Se trata de un proceso de retroalimentación que basa su funcionamiento en el ciclo percepción-acción (Fuster, 2002).

El correcto funcionamiento de este proceso se asocia principalmente con el área anterior del cíngulo y con regiones orbitales, sin embargo es necesario recordar que de acuerdo a lo propuesto en el ciclo percepción-acción se requiere la participación de zonas posteriores y anteriores de la corteza (Fuster, 2008).

En lo que se refiere a la solución de la TOL, el mecanismo de supervisión se encarga de evaluar si los movimientos realizados son los adecuados para llegar al arreglo de cuentas establecido, de no serlo, introduce los cambios necesarios en el plan de acción.

Es importante recalcar que los cuatro procesos propuestos por Fuster, realizan un trabajo coordinado y simultáneo, por lo que la solución de la TOL no sería la excepción. También es necesario señalar que aunque su funcionamiento se relaciona principalmente con la corteza prefrontal dependen del mismo modo de regiones posteriores y subcorticales.

**CAPÍTULO 6**  
**DESARROLLO DE LAS**  
**FUNCIONES EJECUTIVAS**



## **6. Desarrollo de las funciones ejecutivas**

El desarrollo de las funciones ejecutivas se relaciona con la maduración de los lóbulos frontales, en particular con la corteza prefrontal (Rosselli, Jurado & Matute, 2008). Aunque, como se ha señalado, no se limita únicamente a dichas estructuras. La corteza prefrontal es una de las estructuras que más tiempo tarda en desarrollarse por completo filogenética y ontogénicamente hablando, alcanzado su maduración completa en la tercera década de vida (Fuster, 2008).

Debido a la complejidad de funcionamiento ejecutivo en un inicio se pensaba que durante la infancia las funciones ejecutivas no operaban aún, actualmente se sabe que desde etapas tempranas de la infancia, como en la lactancia, ya se manifiestan (Diamond, 2002). Aproximadamente a los 6 meses de edad, el bebé es capaz de recordar elementos simples (Lozano & Ostrosky, 2011). Cerca de los ocho meses, cuando se le quita algún objeto con el que está jugando y es escondido, el bebé es capaz de buscar el objeto y recuperarlo (García, Enseñat, Tirapu & Roig, 2009). Entre los 15 y los 30 meses de edad, los bebés son capaces de manipular la información que pueden retener (Diamond, 2002).

Es importante señalar que el desarrollo de las funciones ejecutivas no ocurre de forma lineal, sino que es de manera secuencial (Anderson 2001). A continuación se realiza una revisión del desarrollo de las funciones ejecutivas planteadas por el modelo de organización secuencial de la conducta.

### Control inhibitorio

Existen investigaciones (Carlson, 2005; Lozano & Ostrosky, 2011) que señalan que desde los 3 años el control inhibitorio ya se manifiesta en los niños, ya que son capaces de controlar respuestas dominantes tanto cognitivas como motoras. Por ejemplo, en un estudio (Diamond, 2002) en el que los niños tenían que resolver una tarea tipo *Stroop*, se encontró que desde los 6 años son capaces de resolver la tarea suprimiendo las respuestas dominantes.

Entre los 6 y 9 años se da un mayor desarrollo de esta función, alcanzando su nivel óptimo cerca de los 12 años (Vuontela, Carlson, Troberg, Fontell, Simola, Saarinen & Aronen, 2013). Al estar íntimamente ligada a la corteza prefrontal, cualquier deficiencia en su funcionamiento se debe atribuir a un problema de maduración en dicha estructura o a las conexiones aún precarias de ésta zona con regiones posteriores y subcorticales (Fuster, 2008).

### Memoria de trabajo

En un rango de 7 a 12 meses de edad, se ha encontrado que los bebés son capaces de recordar la posición de un objeto después de un segundo (Diamond, 2002), manifestando así la capacidad para retener información de forma momentánea.

En un estudio (Carlson, 2005) realizado con niños de 3, 4 y 5 años en el que se les pedía que repitieran los dígitos que se les decían de forma inversa, únicamente el 9% de los niños de 3 años pudo repetir tres dígitos, mientras el 37% de los niños de 4 años logró

hacerlo y el 69% de los niños de 4 años pudo realizarlo. Estos resultados sugieren que la memoria de trabajo se desarrolla con la edad.

Es entre los 6 y 7 años en los que es función muestra un desarrollo acelerado (Lozano & Ostrosky, 2011), alcanzando su máximo nivel cerca de los 12 años (Flores & Ostrosky, 2012).

### Set preparatorio

El *set* preparatorio elabora y activa planes de acción para alcanzar un objetivo o serie de objetivos determinados, dicha capacidad se ha encontrado que se manifiesta desde los primeros meses de vida, por ejemplo en un estudio (McCarty, Clifton & Collard, 1999) realizado con niños de 9, 14 y 19 meses de edad en el que se les presentaba una cuchara llena de comida, la cual era orientada con el mango a la derecha o a la izquierda. Debido a la tendencia en la mayoría de los bebés a tomar los objetos con la mano derecha, cuando la cuchara estaba orientada con el mango a la derecha los bebés tenían menos dificultad para sujetarla y comer el alimento, sin embargo cuando ésta se encontraba con el mango hacia la izquierda la dificultad era mayor, llegando incluso a derramar el alimento, debido a que los bebés tomaban la cuchara con la mano derecha. Únicamente los niños de 19 meses de edad lograron detectar esta situación y al presentarles la cuchara con el mango orientado a la izquierda buscaban tomarla con la mano izquierda. Estos resultados sugieren que los niños de 19 meses son capaces de elaborar planes de acción para alcanzar un objetivo.

Esta capacidad sigue desarrollándose y al mismo tiempo su funcionamiento es más complejo a medida que el niño crece, por ejemplo en una investigación (Baughman &

Cooper, 2007) en la que niños de 3, 4 y 5 años tuvieron que resolver la prueba Torre de Londres, se encontró que los pequeños de 3 y 4 años cometían más violaciones a las reglas que el grupo de 5 años, también fueron menos efectivos para resolver los ítems presentados. Por otro lado, se ha encontrado que entre los 8 y los 12 años ocurre un mayor desarrollo de esta función, siendo justamente a los 12 años cuando se obtienen resultados similares que los adultos en pruebas que evalúan esta capacidad (Luciana & Nelson, 2002; Flores & Ostrosky, 2012).

### Mecanismo de supervisión

El mecanismo de supervisión se encarga de revisar si los planes de acción elaborados para alcanzar un objetivo son exitosos o no, en caso de no serlo, es capaz de introducir los cambios necesarios para que así sea. Esta capacidad aunque ya se manifiesta desde edades tempranas, es entre los 3 y los 5 años que los niños muestran una mejoría considerable en dicha función (Lozano & Ostrosky, 2011). Investigaciones (Anderson et al., 2001; Cinan, 2006) señalan que alcanza su máximo desempeño alrededor de los 12 años.

El desarrollo de las funciones ejecutivas sigue un curso lento y gradual, evidentemente es de suma importancia para el funcionamiento cognitivo del pequeño y, también, para su desarrollo social y afectivo. Una alteración en fases tempranas del desarrollo ejecutivo, podría tener consecuencias serias con manifestaciones a corto, mediano y largo plazo. Es importante recalcar que el desarrollo de estas funciones requiere

de un entorno que estimule al niño para que éstas se manifiesten y trabajen de forma óptima, pues no se trata de funciones innatas.

# MÉTODO

## **Método**

### **Justificación**

Prácticamente en todas las acciones que los seres humanos emprenden y las situaciones a las que se enfrentan requieren de la presencia de las funciones ejecutivas, desde tareas básicas hasta situaciones complejas (Flores, 2008; Flores & Ostrosky, 2012).

Estas funciones se relacionan estructuralmente con los lóbulos frontales, específicamente con el área prefrontal, aunque como se ha visto, su funcionamiento no se limita únicamente a dicha zona, sino que requiere la participación de estructuras posteriores y subcorticales (Fuster, 2008).

El estudio y conceptualización de las funciones ejecutivas es proporcionalmente a la complejidad de su funcionamiento, es por ello que existen un sinnúmero de definiciones y modelos explicativos (Ustárroz et al., 2012). Debido a la relevancia y apoyo empírico (Fuster, 1997; 1999; 2002; 2004 & 2008) que lo respalda se asume el modelo de organización temporal de la conducta.

Por otro lado, su evaluación es igualmente compleja por lo que se han elaborado múltiples pruebas y baterías que permitan realizar una medición completa, una de ellas es la Torre de Londres la cual ha demostrado ser eficaz para evaluar el funcionamiento ejecutivo y contar características que la hacen atractiva para un población infantil (Shallice, 1982; Raizner, Song & Levine, 2002; Portella, Marcos-Bars, Rami-González, Navarro-Odrizola, Gastó-Ferrer & Salamero, 2003; Rognoni et al., 2013; Cepeda et al., 2015). Es así como se elige para esta investigación dicha prueba, pues resulta un buen parámetro del funcionamiento ejecutivo y ser entretenido para los niños, quienes son la población de este trabajo.

El estudio del desarrollo de las funciones ejecutivas ha permitido detectar etapas críticas, siendo una de ellas la que va de los 9 a los 12 años, pues en este rango de edades los lóbulos frontales, aunque no es la única sí es la principal estructura relacionada con el trabajo ejecutivo, comienza una maduración notoria. Es por esto que se elige realizar el presente trabajo con una población en este rango de edad.

### **Planteamiento del problema**

Estudiar el desarrollo de las funciones ejecutivas en edades tempranas ofrece la posibilidad de entender la manera en la que ocurre, así como detectar y prevenir alteraciones en el mismo.

Se han realizado numerosos esfuerzos por comprender la relación entre las funciones ejecutivas y el desempeño escolar, encontrando que el funcionamiento ejecutivo puede contribuir a alcanzar el éxito escolar, traducido en buenas calificaciones, por esta razón es que se ha decidido estudiar el rendimiento escolar como una variable.

Es así como se realizan dos estudios: el primero en donde se analiza la influencia de la edad en la ejecución de la Torre de Londres, la cual es una prueba empleada para medir las funciones ejecutivas, se entiende que los resultados obtenidos en ella, reflejan el estado de las mismas, es decir, se asocia el desempeño en la prueba con el funcionamiento ejecutivo; y el segundo, en el que se analiza el efecto de las funciones ejecutivas en el aprovechamiento escolar.



### **Preguntas de investigación**

1.- ¿Existen diferencias dependientes de la edad en el desempeño de la prueba Torre de Londres?

2.- ¿Existe relación entre el desempeño en la Torre de Londres y las calificaciones escolares de los niños?

### **Objetivos generales**

1.- Analizar de forma transversal el efecto de la edad y las características de desarrollo funciones ejecutivas en sujetos normales desde los 9 hasta los 12 años de edad, a partir de su desempeño en la Torre de Londres

2.- Correlacionar el aprovechamiento escolar con el desempeño de la prueba

### **Hipótesis**

H1: A mayor edad, mejor desempeño en la prueba Torre de Londres

Ho: La edad no influye en el desempeño en la prueba Torre de Londres

Ha: Existen otros factores que influyen en el desempeño en la prueba Torre de Londres

H2: A mejor desempeño en la prueba Torre de Londres mayor promedio de calificaciones escolares

Ho: El desempeño en la prueba Torre de Londres no influye en el promedio de las calificaciones escolares

Ha: Existen otros factores que influyen en el promedio de las calificaciones escolares

## **Variables estudio 1**

### ***Independientes:***

- ✓ Edad:
  - Grupo 1: 9 años
  - Grupo 2: 10 años
  - Grupo 3: 11 años
  - Grupo 4: 12 años

### ***Dependientes***

- ✓ Funciones ejecutivas: desempeño en la prueba Torre de Londres
  - Número de movimientos totales: se obtiene de la resta del número de movimientos realizados para resolver los problemas de la prueba, menos el número de movimientos mínimos establecidos.
  - Número de ítems resueltos con el mínimo de movimientos: se refiere al total de los problemas resueltos con el mínimo de movimientos establecidos.
  - Número de violaciones de tiempo totales: una vez superado un minuto al resolver un problema, se le asigna una violación de tiempo, éstas se suman y se obtiene el número de violaciones de tiempo totales.
  - Número de violaciones de las reglas totales: se refiere a la suma de las violaciones de tipo I y II que se realizaron durante la solución. Las violaciones de tipo I se refieren a cuando se

colocan más de las cuentas permitidas para cada clavija, mientras las violaciones de tipo II se refieren a cuando se retiran dos o más cuentas de las clavijas al mismo tiempo.

- Tiempo de iniciación total: es la suma del tiempo que pasa desde la presentación de cada problema hasta que el sujeto realiza el primer movimiento.
- Tiempo de ejecución total: es la sumatoria del tiempo transcurrido entre el inicio del primer movimiento y la conclusión del problema.
- Tiempo de solución total: es la suma del intervalo de tiempo que transcurre entre la presentación del problema y su solución.

## **Variables estudio 2**

### ***Independientes:***

- ✓ Funciones ejecutivas: desempeño en la prueba Torre de Londres
  - Número de movimientos totales: se obtiene de la resta del número de movimientos realizados para resolver los problemas de la prueba, menos el número de movimientos mínimos establecidos.
  - Número de ítems resueltos con el mínimo de movimientos: se refiere al total de los problemas resueltos con el mínimo de movimientos establecidos.

- Número de violaciones de tiempo totales: una vez superado un minuto al resolver un problema, se le asigna una violación de tiempo, éstas se suman y se obtiene el número de violaciones de tiempo totales.
- Número de violaciones de las reglas totales: se refiere a la suma de las violaciones de tipo I y II que se realizaron durante la solución. Las violaciones de tipo I se refieren a cuando se colocan más de las cuentas permitidas para cada clavija, mientras las violaciones de tipo II se refieren a cuando se retiran dos o más cuentas de las clavijas al mismo tiempo.
- Tiempo de iniciación total: es la suma del tiempo que pasa desde la presentación de cada problema hasta que el sujeto realiza el primer movimiento.
- Tiempo de ejecución total: es la sumatoria del tiempo transcurrido entre el inicio del primer movimiento y la conclusión del problema.
- Tiempo de solución total: es la suma del intervalo de tiempo que transcurre entre la presentación del problema y su solución.

***Dependientes:***

- ✓ Promedio de las calificaciones escolares

Se promediaron las calificaciones de todas las materias obtenidas hasta el último bimestre evaluado antes de la aplicación de la prueba.

**Tipo de estudio:** Transversal, analítico y comparativo (Hernández Sampieri, 2010).

### **Participantes**

Participaron 40 estudiantes de la Escuela Pública Primaria Niños Héroes, ubicada en la Delegación Iztapalapa, se asignaron 10 niños de cada grado de tercero a sexto, 5 hombres y 5 mujeres por grado, seleccionados de forma aleatoria, teniendo como criterio de inclusión no haber sido diagnosticado con alguna alteración neurológica y/o psicológica.

### **Instrumentos**

- ✓ Test de la Torre de Londres (versión Drexel University)
- ✓ Hoja de registro cuantitativo
- ✓ Hoja de evaluación conductual
- ✓ Listas de calificaciones por grado
- ✓ Cronómetro

### **Procedimiento**

En primer lugar se solicitó la autorización de la directora de la escuela primaria para llevar a cabo la presente investigación, quien accedió sin ningún inconveniente. El Consentimiento Informado (ver anexo 1) se certificó, en primera instancia, con la directora del colegio, quien, a su vez, facilitó la entrega de un documento con los detalles de la investigación, el cual debieron firmar si autorizaban la participación de sus hijos.

Se asignó un aula del colegio exclusivamente para la aplicación de la prueba, la cual se encontraba bien iluminada, alejada de cualquier posible interrupción, así como equipada con sillas y mesas suficientes para efectuar la administración de la prueba.

Antes de acudir por los niños, se dejó preparado el material requerido: los dos tableros de la TOL, la hoja de registro, un cronómetro y lápiz. Una vez que esto quedó listo, se acudió por los niños a sus respectivos salones. Cabe mencionar que la aplicación de la prueba fue de manera individual y fue ejecutada por un experimentador quien se encargó de la aplicación y el registro.

Ya que el niño llegaba al aula de aplicación, el aplicador generaba *rapport* por medio de una charla con el pequeño acerca de sus gustos y pasatiempos, con el fin de relajarlo y que no estuviera ansioso. Posteriormente se le daban las instrucciones de la prueba (ver anexo 2), que, una vez comprendidas, se procedía a la aplicación, registrando tanto el número de movimientos, como el tiempo en las hojas de evaluación (ver anexo 3). Concluida la realización de la prueba, se realizaban las observaciones conductuales (ver anexo 4).

Cuando se terminaba la aplicación y el registro de la prueba, se le agradecía al niño su participación y esfuerzo, finalmente era llevado a su salón.

El análisis de los resultados se realizó mediante la captura de los datos en el programa *Statistical Package for the Social Sciences (SPSS 19)*, en el que se aplicó un Análisis de Varianza (ANOVA) para la comparación entre grupos y la prueba post hoc Tukey para las diferencias específicas, así como una Correlación de Pearson.

# RESULTADOS

## Resultados

### ➤ Efecto de la edad en las funciones ejecutivas

Por medio del Análisis de Varianza (ANOVA), se realizó una comparación de medias entre los 4 grupos con las siguientes variables de la TOL: problemas correctos, total de movimientos, tiempo inicial total, tiempo de ejecución total, tiempo de solución total, violaciones de tiempo y violaciones tipo I + tipo II. Los resultados se muestran en la tabla 3.

**Tabla 3. ANOVA POR EDAD**

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
<b>Total de Movimientos</b>	Entre grupos	170.075	3	569.692	1.320	.283
	Dentro de grupos	15532.900	36	431.469		
	Total	17241.975	39			
<b>Problemas correctos</b>	Entre grupos	13.475	3	4.492	2.092	.118
	Dentro de grupos	77.300	36	2.147		
	Total	90.775	39			
<b>Tiempo Inicial total</b>	Entre grupos	2101.875	3	700.625	.773	.517
	Dentro de grupos	32624.900	36	906.247		
	Total	34726.775	39			
<b>Tiempo total de Ejecución</b>	Entre grupos	152612.000	3	50870.667	2.171	.108
	Dentro de grupos	843590.000	36	23433.056		
	Total	996202.000	39			
<b>Tiempo Total de Solución</b>	Entre grupos	168164.075	3	56054.692	2.086	.119
	Dentro de grupos	967222.900	36	26867.303		
	Total	1135386.975	39			
<b>Violación de Tiempo</b>	Entre grupos	25.475	3	8.492	2.693	.061
	Dentro de grupos	113.500	36	3.153		
	Total	138.975	39			
<b>Violaciones Tipo I + Tipo II</b>	Entre grupos	18.675	3	6.225	4.738	.007
	Dentro de grupos	47.300	36	1.314		
	Total	65.975	39			

En la tabla se aprecia el análisis de varianza entre los 4 grupos en relación a las variables dependientes.



Como se puede apreciar, el análisis de varianza muestra que las diferencias entre grupos, aunque existen, no son estadísticamente significativas para las variables de total de movimientos, problemas resueltos con el mínimo de movimientos, tiempo inicial total, tiempo de ejecución total, tiempo de solución total y violaciones de tiempo.

En las violaciones de tipo I y II, se encontraron diferencias estadísticamente significativas. Lo cual indica que quienes cometieron violaciones presentaron dificultades para mantener y recordar las reglas estipuladas, con lo cual se puede afirmar que el trabajo de la memoria de trabajo no es el óptimo. También puede deberse a que, aunque recuerdan y mantienen las reglas, simplemente no pudieron inhibir estas conductas, la cual sugiere que el control inhibitorio no es el adecuado. En la tabla 4, se muestran las comparaciones de medias entre grupos.

**Tabla 4. Comparaciones de medias entre grupos**

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Violaciones Tipo I + Tipo II						
HSD Tukey						
(I) Edad	(J) Edad	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
12,00	9,00	-1,800*	,513	,006	-3,18	-,42
	10,00	-1,500*	,513	,029	-2,88	-,12
	11,00	-1,000	,513	,226	-2,38	,38

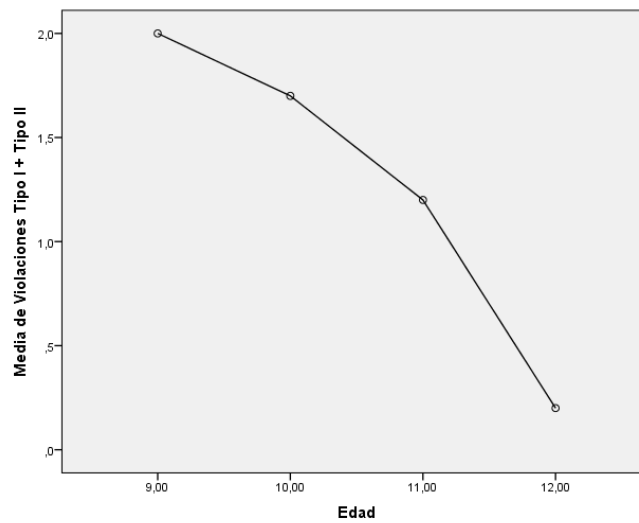
\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05

Se muestran los resultados de las comparaciones entre grupos.

De acuerdo a la comparación de medias, se puede observar que el grupo de 12 años realizó menos violaciones de tipo I y II que los otros tres grupos, siendo estadísticamente significativas aquellas con los grupos de 9 y 10 años; mientras que la diferencia con el

grupo de 11 años no es estadísticamente significativa. Esto permite señalar que a partir de los once años la memoria de trabajo y el control inhibitorio se encuentran desarrollados. Como apoyo, en la gráfica 1 se muestran estos resultados.

**Gráfica 1. Comparación de medias de violaciones de tipo I y II**



En la gráfica es posible observar la media de las violaciones de tipo I y II de cada grupo. Como se puede apreciar el número de violaciones disminuye con la edad, por lo que se hace evidente el desarrollo de funciones ejecutivas como la memoria de trabajo y el control inhibitorio

A continuación, en la tabla 5, se muestran los resultados del análisis estadístico de la correlación de Pearson entre la edad y las variables dependientes.

**Tabla 5. Correlaciones entre edad y variables dependientes**

Correlaciones								
VARIABLES	ESTADÍSTICOS	PROBLEMAS correctos	Total de movimientos	Tiempo Inicial Total	Tiempo de ejecución total	Tiempo total de solución	Violaciones de Tiempo	Violaciones Tipo I +Tipo II
Edad	Correlación de Pearson	.364	-.295	-.157	-.355	-.360	-.390	-.514
	Sig. (unilateral)	.011*	.033*	.166	.012*	.011*	.006**	.000**
	N	40	40	40	40	40	40	40

\* La correlación es significativa en el nivel 0,05 (1 cola).  
 \*\*La correlación es significativa en el nivel 0,01 (1 cola).

En la tabla se muestran las correlaciones entre la edad y las variables dependientes de la TOL.

De acuerdo al análisis de correlación, la edad guarda una relación estadísticamente significativa con los problemas resueltos con el mínimo de movimientos, total de movimientos, tiempo de ejecución total y tiempo de solución total con un nivel de significancia menor a 0.05. Mientras que con las violaciones de tiempo y violaciones tipo I y II, el nivel de significancia es menor a 0.01. Por su parte, el tiempo inicial total no guarda una relación estadísticamente significativa con la edad.

El coeficiente de Pearson de los problemas resueltos con el mínimo de movimientos fue de .364, por lo que se puede interpretar que relación entre la edad y los problemas correctos es baja. Al ser positivo en el coeficiente de Pearson, se puede concluir que a medida que aumenta la edad, el número de problemas resueltos con el mínimo de movimientos aumenta.

En cuanto al total de movimientos, el coeficiente de Pearson fue de -.295, por lo que se puede interpretar que la relación con la edad es baja. Al ser negativo el coeficiente, se concluye que a medida que aumenta la edad, el número de movimientos disminuye.

En lo que al tiempo de ejecución total se refiere, el coeficiente de Pearson calculado fue  $-.355$ , por lo que la relación con la edad es baja. De acuerdo a su signo negativo se puede señalar que conforme aumenta la edad, el tiempo de ejecución total disminuye.

El coeficiente de Pearson del tiempo total de solución fue de  $-.360$ , de nueva cuenta, señala que la relación con la edad es baja. De igual forma, el signo es negativo, por lo que al aumentar la edad, el tiempo total de solución disminuye.

Las violaciones de tiempo obtuvieron un coeficiente de  $-.390$ , lo que se traduce como una relación baja y que, como su signo es negativo, a medida que aumenta la edad, las violaciones de tiempo disminuyen.

Finalmente, el coeficiente de las violaciones de tipo I y II fue de  $-.514$ , por lo que la relación con la edad es moderada y al aumentar ésta, las violaciones de ambos tipos disminuyen.

#### ➤ **Funciones ejecutivas y su efecto en las calificaciones escolares**

Para conocer la relación que existe entre el promedio general de calificaciones escolares de los participantes y las variables dependientes, se realizaron correlaciones entre el promedio y cada una de las variables dependientes. Los resultados se muestran en la tabla 6.

**Tabla 6. Correlaciones entre promedio y variables dependientes**

Correlaciones								
Variable	Estadísticos	Problemas correctos	Total de movimientos	Tiempo Inicial Total	Tiempo de ejecución total	Tiempo total de solución	Violaciones de Tiempo	Violaciones Tipo I +Tipo II
Promedio de Calificaciones	Correlación de Pearson	.118	.155	.169	.087	.111	.095	-.036
	Sig. (unilateral)	.235	.170	.149	.297	.248	.279	.413
	N	40	40	40	40	40	40	40

En la tabla se aprecia que no existe relación entre las variables

Como se puede apreciar, el promedio general de calificaciones no guarda ninguna relación estadísticamente significativa con las variables del desempeño en la TOL, esto sugiere que el funcionamiento ejecutivo no está relacionado con el desempeño escolar.

**DISCUSIÓN  
Y  
CONCLUSIONES**

## Discusión y Conclusiones

Los objetivos de la presente investigación fueron analizar el efecto de la edad en el funcionamiento ejecutivo y conocer la influencia de éste sobre el desempeño escolar, en niños de 9 a 12 años. Como parámetro de las funciones ejecutivas se eligió el desempeño en la prueba Torre de Londres. Mientras el modelo del funcionamiento ejecutivo adoptado fue el de organización secuencial de la conducta, el cual plantea la existencia de cuatro funciones ejecutivas: el control inhibitorio, la memoria de trabajo, el *set* preparatorio y el mecanismo de supervisión.

El análisis del desempeño en la prueba se realizó a partir de los siguientes rubros: número de movimientos totales, número de ítems resueltos con el mínimo de movimientos, tiempo de inicio total, tiempo de ejecución total, tiempo de solución total, violaciones de tiempo y violaciones de tipo I y II.

En primer lugar, se analizó el efecto de la edad en los rubros mencionados, encontrando que el número de movimientos totales disminuyen conforme la edad aumenta, si bien es cierto que el análisis de varianza muestra que las diferencias entre grupos no son estadísticamente significativas, el análisis de correlación muestra que existe una relación entre la edad y el número de movimientos totales, es decir, conforme aumenta la edad el número de movimientos totales disminuye, lo cual sugiere que las cuatro funciones ejecutivas señaladas por el modelo de organización secuencial de la conducta se desarrollan con la edad.

En relación al número de ítems resueltos con el mínimo de movimientos, los resultados muestran que los grupos de 12 y 11 años tuvieron más problemas resueltos con

el mínimo de movimientos que los de 9 y 8 años, aunque ninguna de estas diferencias es estadísticamente significativa. Resultados similares fueron encontrados por Klenberg, Korkman y Lahti-Nuuttila (2001), quienes señalan que no existen diferencias significativas en el número de ítems entre niños de 9 a 12 años. El análisis de correlación permite afirmar que existe una relación entre la edad y el número de ítems correctos, por lo que se puede concluir que el número de ítems correctos aumenta con la edad. El resolver un problema con el mínimo de movimientos permite afirmar que la planeación de los pasos a seguir para alcanzar el arreglo de cuentas establecido fue exitosa, tarea de la cual es responsable el *set* preparatorio, por lo cual es posible señalar que esta función ejecutiva se desarrolla con la edad.

El análisis del tiempo incluye tres aspectos: tiempo inicial, tiempo de ejecución y tiempo total. Se halló que los grupos no tuvieron diferencias significativas en el tiempo inicial; también se encontró que no existe relación alguna entre la edad y el tiempo inicial. Lo que permite señalar que los niños dentro del rango de 9 a 12 años, se toman, en promedio, el mismo tiempo en analizar el problema prestando, pues el tiempo inicial se relaciona con el análisis de la tarea presentada para la elaboración de un plan de acción, por lo que se puede concluir que el *set* preparatorio tarda el mismo tiempo en elaborar dicho plan en tal rango de edades.

En relación al tiempo de ejecución se encontró que el grupo de 12 años se tomó menos tiempo en la ejecución de la prueba, mientras el grupo de 10 años fue el que se tardó más, sin embargo estas diferencias no son estadísticamente significativa, a pesar de esto, el análisis de correlación mostró que existe una relación entre la edad y el tiempo de ejecución, con lo que se muestra que a medida que aumenta la edad, el tiempo de ejecución



disminuye. Algo similar ocurrió con el tiempo de solución total, pues el grupo de 12 años fue el que menos tiempo tardó y, nuevamente, el que más tiempo se tomó fue el de 10. Aunque, igual que con el tiempo de ejecución, estas diferencias no fueron significativas. Asimismo, se estableció una relación entre la edad y el tiempo de solución. Encontrando que al aumentar la edad, el tiempo de solución disminuye, siendo responsable de ello el trabajo cooperativo y óptimo de las cuatro funciones señaladas por el modelo de organización secuencial de la conducta.

Por otro lado, en relación a las violaciones de tiempo, el grupo que menos realizó fue el de 12 años, siendo el de 10 el que más realizó, estas diferencias, sin embargo, no fueron estadísticamente significativas. A pesar de esto, se estableció una relación entre las violaciones de tiempo y la edad. Esto permite establecer que conforme aumenta la edad, las violaciones de tiempo disminuyen, lo que se traduce en que tanto la velocidad de procesamiento como la elaboración de planes efectivos, aumentan con la edad. Tanto la velocidad de procesamiento y la elaboración de planes efectivos son el resultado del trabajo conjunto de la memoria de trabajo, el control inhibitorio, el *set* preparatorio y el mecanismo de supervisión, por lo que se puede afirmar que estas funciones aumentan con la edad.

El grupo de 12 años fue el que menos violaciones de tipo I y II cometió, siendo estas diferencias estadísticamente significativas con los grupos de 9 y 10 años. El análisis de varianza mostró que las diferencias entre los grupos fueron estadísticamente significativas. De igual forma, se estableció que existe una relación entre la edad y las violaciones de tipo I y II. De lo anterior se puede afirmar que mientras la edad aumenta, el número de violaciones de tipo I y II disminuye. Para no cometer este tipo de errores, es importante que el sujeto, en primer lugar, recuerde las reglas, con lo que la memoria de

trabajo estaría fuertemente implicada, y, en segundo lugar, se requiere que exista una conducta inhibitoria para no cometer estas violaciones. Por ello, queda demostrado que, tanto la memoria de trabajo como el control inhibitorio, son dos funciones ejecutivas que se siguen desarrollando en la infancia.

Finalmente, se buscó determinar si el funcionamiento ejecutivo influye favorablemente en el desempeño académico, encontrando, como lo muestran los resultados, que no existe ningún tipo de relación entre alguno de los rubros de la Torre de Londres y las calificaciones escolares. Lo cual podría sugerir que las funciones ejecutivas evaluadas por la prueba, no guardan relación con el desempeño escolar, a pesar de que otras investigaciones han reportado lo contrario (Korzeniowski, 2011; Toll et al., 2011; Blar et al., 2011). Esto se puede explicar por el hecho de que, actualmente, las evaluaciones escolares incluyen numerosas aspectos que, al final, componen la calificación de los niños. Entre estos aspectos se encuentran: la conducta, la asistencia, la elaboración de tareas, la participación en clase, presentar el cuaderno completo, elaboración de proyectos, exposiciones, exámenes, entre otros. Para futuras investigaciones es recomendable considerar tales aspectos.

En cuanto a la población en la que fue realizada esta investigación, se puede concluir que sería importante que los niños que cursan la educación básica se han sometidos a continuas evaluaciones psicológicas y neuropsicológicas, con el objetivo de detectar y prevenir situaciones que perjudiquen su aprendizaje, así como brindarles la orientación o ayuda necesaria para superar dichas situaciones. Aunque existen psicólogos educativos en algunas instituciones educativas que realizan estas actividades, son más las escuelas que carecen de uno.

El análisis hecho en el presente estudio pretendió ser exhaustivo, sin embargo, como en toda investigación, siempre quedan aspectos por analizar, en ésta, por ejemplo, faltó observar qué tipo de estrategias utilizan los niños al resolver el test y qué tan efectivas son.

Una de las limitantes de la investigación fue que se realizó con una población pequeña, quizá valga la pena realizarla con un rango de edad mucho más amplio, lo que permitiría sacar más conclusiones. Otro aspecto a considerar para futuras investigaciones es el tomar en cuenta el nivel socioeconómico de los participantes, pues existen evidencias de que las funciones ejecutivas se ven influidas por él.

### **Conclusiones**

Este estudio permitió obtener algunas conclusiones, pues se encontró que, de acuerdo a los resultados, el desarrollo de las funciones ejecutivas planteadas por el modelo está íntimamente ligado con la edad, , pues el desempeño en la prueba en la Torre de Londres mejora con la edad, cometiendo menos violaciones, se toma menos tiempo en la solución, se realizan menos movimientos y se logran más puntajes correctos Asimismo, se puede afirmar que el funcionamiento ejecutivo no influye de forma positiva en el desempeño académico.

# REFERENCIAS

## Referencias

Akhutina, T. (2008). Neuropsicología de la edad escolar. Una aproximación histórico-cultural. *Acta NeurolColomb*; 24.

Alameda Bailén, J. R., Salguero Alcañiz, M. P., & Merchán Clavellino, A. (2015). Mecanismos cognitivos de la toma de decisiones en mujeres mayores. *European Journal of investigation in health, psychology and education*, 1(1).

Altemeier, L. E., Abbott, R. D., & Berninger, V. W. (2008). Executive functions for reading and writing in typical literacy development and dyslexia. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 30(5), 588-606.

Anderson, P., Anderson, V. & Lajoie, G. (1996). The Tower of London Test: Validation and Standardization for Pediatric Populations. *The Clinical Neuropsychologist*. 10 (1).

Anderson, V., Anderson, P., Northam, E., Jacobs, R. & Catroppa, C. (2001). Development of executive functions through childhood and adolescence in an Australian sample. *Developmental Neuropsychology*; 20 (1).

Andrade, J.A., Rodríguez, A. & Campos J.A. (2014). GABA, depresión y suicidio: aspectos epigenéticos asociados. *Psicología.com*; 18 (1).

Arnsten, A. F., & Li, B. M. (2005). Neurobiology of executive functions: Catecholamine influences on prefrontal cortical functions. *Biological Psychiatry*, 57(11), 1377-1384.

Aron, A., Robbins, T. & Poldrack, R. (2004). Inhibition and the right inferior frontal cortex. *TRENDS in Cognitive Sciences*. 8, 170-177.

Asato, M. R., Sweeney, J.A. & Luna, B. (2006). Cognitive processes in the development of TOL performance. *Neuropsychologia*, 44.

Baddeley, A. (2003). Working memory: Looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience*, 4(10), 829-839.

Baddeley, A. D. & Hitch, G. J. (1974). In *Recent Advances in Learning and Motivation*. New York: Academic.

Baddeley, A. D. (1990). *Human memory: Theory and practice*. Oxford: Oxford University Press.

Baughman, F. D., & Cooper, R. P. (2007). Inhibition and young children's performance on the Tower of London task. *Cognitive Systems Research*, 8, 216–226.

Bernier, A., Carlson, S.M., & Whipple, N. (2010). From external regulation to self-regulation: early parenting precursors of young children's executive functioning. *Child Development*, 81, 326–339.

Best, J. R., & Miller, P. H. (2010). A developmental perspective on executive function. *Child development*, 81(6), 1641-1660.

Blair, C. & Razza, R. P (2007). Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child Development*, 78, 647-663.

Blair, C., Granger, D. Willoughby, M., Mills-Koonce, R., Cox, M., Greenberg, M.T., Kivlighan, K., Fortunato, C. & the FLP Investigators (2011). Salivary cortisol mediates effects of poverty and parenting on executive functions in early childhood. *Child Development*, 82, 1970-1984.

Bryce, D., Whitebread, D., & Szűcs, D. (2014). The relationships among executive functions, metacognitive skills and educational achievement in 5 and 7 year-old children. *Metacognition and Learning*, 1-18.

Bull, R., & Scerif, G. (2001). Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: Inhibition, switching, and working memory. *Developmental Neuropsychology*, 19(3), 273-293.

Burgess, P. W., Dumontheil, I., & Gilbert, S. J. (2007). The gateway hypothesis of rostral prefrontal cortex (area 10) function. *Trends in cognitive sciences*, 11(7), 290-298.

Burgess, P. W., Gilbert, S. J., Okuda, J., & Simons, J. S. (2006). 17 Rostral Prefrontal Brain Regions (Area 10): A Gateway between Inner Thought and the External World? *Disorders of volition*, 373.

Carlson, S. (2005). Developmentally sensitive measures of executive function in preschool children. *Developmental Neuropsychology*, 28, 595-616.

Cepeda, M. L., Hickman, H., Arroyo, R., Moreno, D., & Plancarte, P. (2015). Índice de dificultad en la solución de la tarea Torre de Londres en niños y adultos. *International Journal of Psychology and Psychological Therapy*, 15(1), 117-132.

Christoff, K., & Owen, A. M. (2006). Improving reverse neuroimaging inference: cognitive domain versus cognitive complexity. *Trends in Cognitive Sciences*, 10(8), 352-353.

Christoff, K., Ream, J. M., & Gabrieli, J. D. (2004). Neural basis of spontaneous thought processes. *Cortex*, 40(4), 623-630.

Christoff, K., Ream, J. M., Geddes, L., & Gabrieli, J. D. (2003). Evaluating self-generated information: anterior prefrontal contributions to human cognition. *Behavioral neuroscience*, 117(6), 1161.

Cinan, S. (2006). Age-related changes in concept formation, rule switching, and perseverative behaviors: A study using WCST with 12 unidimensional target cards. *Cognitive Development*, 21(3), 377-382.

Climent-Martínez, G., Luna-Lario, P., Bombín-González, I., Cifuentes-Rodríguez, A., Tirapu-Ustárroz, J., & Díaz-Orueta, U. (2014). Evaluación neuropsicológica de las funciones ejecutivas mediante realidad virtual. *Rev Neurol*, 58, 465-75.

Cohen, J. D., & Servan-Schreiber, D. (1992). Context, cortex, and dopamine: a connectionist approach to behavior and biology in schizophrenia. *Psychological review*, 99(1), 45.

Cohen, J. D., Braver, T. S., & O'Reilly, R. C. (1996). A computational approach to prefrontal cortex, cognitive control and schizophrenia: recent developments and current

challenges. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 351(1346), 1515-1527.

Cohen, R.D. (1993). *The neuropsychology of attention*. New York: Plenum Press.

Collete, F. & Andrés, P. (1999). Lobes frontaux et mémoire de travail. En M. Van der Linden, X.Seron, & P. Le Gall (Eds.), *Neuropsychologie de Lobes Frontaux* (pp. 89-114). Francia: Edit. Solal.

Crone, E. A., & van der Molen, M. W. (2004). Developmental changes in real life decision making: performance on a gambling task previously shown to depend on the ventromedial prefrontal cortex. *Developmental neuropsychology*, 25(3), 251-279.

Culbertson, W. C. & Zillmer, E. A. (1998). The Tower of London: A Standardized Approach to Assessing Executive Functioning in Children. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 13 (3).

Dagher, A., Owen, A. M., Boecker, H. & Brooks, D. J. (1999). Mapping the network for planning: a correlational PET activation study with the Tower of London task. *Brain*, 122.

Damasio, A. R., (1998). The Somathic Marker Hypothesis and the possible functions of the prefrontal cortex. En A.C. Roberts, T.W. Robbins & L. Weiskrantz (Eds.). *The prefrontal cortex, executive and cognitive functions* (pp. 36-50). 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 Abreu, P. M. E., Abreu, N., Nikaedo, C. C., Puglisi, M. L., Tourinho, C. J., Miranda, M. C., & Martin, R. (2014). Executive functioning and reading achievement in school: a study of Brazilian children assessed by their teachers as “poor readers”. *Frontiers in psychology*, 5.



De Luca, C.R., Wood, S.J., Anderson, V.A., Buchanan, J.A., Proffitt, T.M., Mahony, K. et al. (2003). Normative data from the CANTAB. I: development of executive function over the lifespan. *J Clin Exp Neuropsychol*. 25: 242-254

Dehaene, S., Kerszberg, M., & Changeux, J. P. (1998). A neuronal model of a global workspace in effortful cognitive tasks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 95(24), 14529-14534.mill

Delgado-Mejía, I., & Etchepareborda, M. C. (2013). Trastornos de las funciones ejecutivas. Diagnóstico y tratamiento. *Rev. Neurol*, 57, S94-S103.

Delis, D. C., Kramer, J. H., Kaplan, E., & Holdnack, J. (2004). Reliability and validity of the Delis-Kaplan Executive Function System: an update. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 10(02), 301-303.

Delis, D., Kaplan, E. & Kramer, J. (2000). *Delis-Kaplan executive function system (D-KEFS)*. Texas: The Psychological Corporation.

Diamond, A. (2002). Normal development of prefrontal cortex from birth to young adulthood: Cognitive functions, anatomy, and biochemistry. *Principles of frontal lobe function*, 466-503.

Diamond, A., Kirkham, N. & Amso, D. (2002). Conditions under which young children can hold two rules in mind and inhibit a prepotent response. *Developmental Psychology*; 38(3), 352-362.

Duncan, J. (2001). An adaptive coding model of neural function in prefrontal cortex. *Nature Reviews Neuroscience*, 2(11), 820-829.

Duncan, J., & Miller, E. K. (2002). Cognitive focus through adaptive neural coding in the primate prefrontal cortex. *Principles of frontal lobe function*, 278-291.

Filippetti, V.A. & López, M.B. (2013). Las funciones ejecutivas en la clínica neuropsicológica infantil. *Psicología del Caribe*; 30 (2): 380-415.

Flores Lázaro, J. C., Ostrosky-Shejet, F., & Lozano Gutiérrez, A. (2012). BANFE: Bateria Neuropsicológica de Funciones Ejecutivas y Lóbulos Frontales. México, DF: Manual Moderno.

Flores, J.C. & Ostrosky, F. (2012). Desarrollo neuropsicológico de lóbulos frontales y funciones ejecutivas. México: Manual Moderno.

Flores, J.C. (2008). Neuropsicología de lóbulos frontales. Villahermosa, Tabasco: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Flores-Lázaro, J. C., Castillo-Preciado, R. E., & Jiménez-Miramonte, N. A. (2014). Desarrollo de funciones ejecutivas, de la niñez a la juventud. *Anales de psicología*, 30(2), 463-473.

Fuster, J. (2008). *The prefrontal cortex*. London: Academic Press.

García, A., Enseñat, A., Tirapu, J. & Roig, T. (2009). Maduración de la corteza prefrontal y desarrollo de las funciones ejecutivas durante los primeros cinco años de vida. *Rev. Neurol*, 48(8): 435-440.

Gardner, J. K. (2009). Conceptualizing the Relations between Executive Functions and Self-Regulated Learning. *Journal of Psychology*, 143 (4), 405–426.

Geary, D. C., Hoard, M., Byrd-Craven, J., Nugent, L. & Numtee, C (2007). Cognitive mechanisms underlying achievement deficits in children with mathematical learning disability. *Child Development*, 78, 1343-1359.

Gilbert S. J. & Burgess P. W. (2008). Executive function. *Current Biology*; 18 (3): R110–R114.

Gioia, G. A., & Isquith, P. K. (2011). Behavior Rating Inventory for Executive Functions (pp. 372-376). New York: Springer.

Gioia, G. A., Isquith, P. K., Guy, S. C., & Kenworthy, L. (2000). Test review behavior rating inventory of executive function. *Child Neuropsychology*, 6(3), 235-238.

Goldberg, E. (2002). *El cerebro ejecutivo*. Crítica: Barcelona.

Goldberg, E. (2006). La paradoja de la sabiduría. Barcelona: Crítica.

Goldman-Rakic, P.S. (1998). The prefrontal landscape implications of functional architecture for understanding human mentation and the central executive. En A.C. Goldstein, & F.C. Green (Eds.). Assessment of problem solving and executive functions. New York: Plenum Press.

Gómez, C., Hernández, G., Rojas, A., Santacruz, H., & Uribe, M. (2008). Psiquiatría clínica: diagnóstico y tratamiento en niños, adolescentes y adultos. Editorial Médica Panamericana.

Grafman, J. (1995). Similarities and distinctions among current models of prefrontal cortical functions. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 769(1), 337-368.

Grafman, J. (2003). 12 The structured event complex and the human prefrontal cortex. *Cognitive Processes and Economic Behaviour*, 209.

Hooper, S. R., Swartz, C., Wakely, M. B., De Kruif, R. E. & Montgomery, J. (2002). Executive functions in elementary school children with and without problems in written expression. *Journal of Learning Disabilities*, 35, 57-68.

Injoque-Ricle, I. & Burin, D.I. (2008). Validez y fiabilidad de la prueba Torre de Londres para niños: Un estudio preliminar. *Revista Argentina de Neuropsicología*, 11, 21-31.

Jódar-Vicente, M. (2004). Funciones cognitivas del lóbulo frontal. *Revista de Neurología*, 39 (2): 178-182.

Klenberg, L., Korkman, M. & Lahti-Nuutila, P. (2001). Differential development of attention and executive functions in 3 to 12 year old Finnish children. *Dev Neuropsychol*. 20: 407-428

Koechlin, E., & Summerfield, C. (2007). An information theoretical approach to prefrontal executive function. *Trends in cognitive sciences*, 11(6), 229-235.

Koechlin, E., Corrado, G., Pietrini, P., & Grafman, J. (2000). Dissociating the role of the medial and lateral anterior prefrontal cortex in human planning. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(13), 7651-7656.

Koechlin, E., Ody, C., & Kouneiher, F. (2003). The architecture of cognitive control in the human prefrontal cortex. *Science*, 302(5648), 1181-1185.

Kolb, B. & Whishaw, I. (2006). *Neuropsicología Humana*. Buenos Aires; Madrid: Médica Panamericana.

Korzeniowski, C. G. (2011). Desarrollo evolutivo del funcionamiento ejecutivo y su relación con el aprendizaje escolar. *Revista de Psicología*, 7(13), 7-26.

Köstering, L., Nitschke, K., Schumacher, F. K., Weiller, C., & Kaller, C. P. (2015). Test–retest reliability of the Tower of London Planning Task (TOL-F). *Psychological assessment*, 27(3), 925.

Lezak, M. D., Howieson, D. B. & Loring, D. W. (2004). *Neuropsychological Assessment: Fourth Edition*. New York: Oxford University Press.

Lezak, M.D. (1982). The problem of assessing executive functions. *Int J Psychol*; 17: 281-297.

Lozano, A. & Ostrosky, F. (2011). Desarrollo de las funciones ejecutivas y de la corteza prefrontal. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 11(1): 159-172.

Luciana, M. (2003). Practitioner review: computerized assessment of neuropsychological function in children: clinical and reaserch applications of the Cambridge Neuropsychological Testing Automated Battery. *Child Psychol Psychiatry*; 44: 649-663

Luciana, M., & Nelson, C. A. (2002). Assessment of neuropsychological function through use of the Cambridge Neuropsychological Testing Automated Battery: performance in 4-to 12-year-old children. *Developmental neuropsychology*, 22(3), 595-624.

Luria, A. R., (1989). *Las funciones corticales superiores del hombre*. México: Fontamara.

Matute, E., Chamorro, Y., Inozemtseve, O., Barrios, O., Rosselli, E. & Ardila, A. (2008). Efecto de la edad en una tarea de planificación y organización (pirámide de México) en escolares. *Rev Neurol*; 47 (2): 61-70.

Matute, E., Rosselli, M., Ardila, A., & Morales, G. (2004). Verbal and nonverbal fluency in Spanish-speaking children. *Developmental neuropsychology*, 26(2), 647-660.

McCarty, M. E., Clifton, R. K., & Collard, R. R. (1999). Problem solving in infancy: The emergence of an action plan. *Developmental Psychology*, 35, 1091–1101.

McClelland, M. M., Cameron, C. E., Connor, C. M., Farris, C. L., Jewkes, A. M., & Morrison, F. J. (2007). Links between behavioral regulation and preschoolers' literacy, vocabulary, and math skills. *Developmental psychology*, 43(4), 947.

Miller, E. K., & Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual review of neuroscience*, 24(1), 167-202.

Miyake, A., & Friedman, N. P. (2012). The nature and organization of individual differences in executive functions four general conclusions. *Current directions in psychological science*, 21(1), 8-14.

Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive psychology*, 41(1), 49-100.

Norman, D. A., & Shallice, T. (1986). *Attention to action*. USA: Springer.

Portella, M.J., Marcos-Bars, T., Rami-González, L., Navarro-Odriozola, V., Gastó-Ferrer, C. & Salamero, M. (2003). Torre de Londres: planificación mental, validez y efecto techo. *Revista de Neurología*; 37 (3).

Raghubar, K. P., Barnes, M. A., & Hecht, S. A. (2010). Working memory and mathematics: A review of developmental, individual difference, and cognitive approaches. *Learning and Individual Differences*, 20(2), 110-122.

Raizner, R. D., Song, J. & Levine, H. S. (2002). Raising the ceiling: the Tower of London extended version. *Dev. Neuropsychol.* 21: 1-14.

Ridderinkhof, K.R., Ullsperger, M., Crone, E.A. & Nieuwenhuis, S. (2004). The role of the medial frontal cortex in cognitive control. *Science*; 306: 443-447.

Rognoni, T., Casals-Coll, M., Sánchez-Benavides, G., Quintana, M., Manero, R. M., Calvo, L., & Peña-Casanova, J. (2013). Estudios normativos españoles en población adulta joven (proyecto NEURONORMA jóvenes): normas para las pruebas Stroop Color-Word Interference Test y Tower of London-Drexel University. *Neurología*, 28(2), 73-80.

Rolls, E. T. (2004). The functions of the orbitofrontal cortex. *Brain and Cognition*; 55 (1): 11-29.

Rosselli, M., Jurado, M.B. & Matute, E. (2008). Las funciones ejecutivas a través de la vida. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias.* 8(1): 23-46.

Serón, X., Van der Linden, M. & Andrés, P. (1999). *Neuropsychologie des Lobes Frontaux.* Francia: Solal.

Shallice, T. (1982). Specific impairments of planning. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences*, 298 (1089), 199-209.

Shimamura, A. P. (2000). The role of the prefrontal cortex in dynamic filtering. *Psychobiology*, 28(2), 207-218.

Shimamura, A. P. (2002). Memory retrieval and executive control. In *Principles of frontal lobe function.* New York: University Press Oxford.

Spearman, C. (1927). *The abilities of man.* Oxford, England: Macmillan.

Stauss, D.T. & Alexander, M.P. (2000). Executive functions and the frontal lobes: a conceptual review. *Psychology Research*; 63 (3): 289-298.

Stauss, D.T. & Alexander, M.P. (2004). The frontal lobes and theory of the mind: developmental concepts from adult focal lesion research. *Brain and Cognition*; 55 (1): 69-83.

Stuss, D. T., & Levine, B. (2002). Adult clinical neuropsychology: lessons from studies of the frontal lobes. *Annual review of psychology*, 53(1), 401-433.

Stuss, D. T., Levine, B., Winocur, G., Binns, M. A., Fahy, L., Mandic, M., ... & Robertson, I. H. (2007). Cognitive rehabilitation in the elderly: effects on strategic behavior in relation to goal management. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 13(01), 143-152.

Stuss, D.T. (1995). The Frontal Lobes and Executive Functions: An Overview of Operational Definitions, Theory and Assessment. Program and Abstracts, 5<sup>th</sup> Nordic Meeting in Neuropsychology, Uppsala.

Tirapu, J., Gacía, A., Luna, P., Roig, T & Pelegrín, C. (2008). Modelo de funciones ejecutivas y control ejecutivo. *Revista de Neurología*; 46 (11).

Tirapu, J., Pérez, G., Erekato, M. & Pelegrín, C. (2007). ¿Qué es la teoría de la mente? *Rev Neurol*; 44: 479-489.

Tirapu-Ustárroz J., Muñoz-Céspedes J.M. & Pelegrín-Valero C. (2002). Funciones ejecutivas: necesidad de una integración conceptual. *Revista de Neurología*, 34 (7): 673-685.

Toll, S. W., Van der Ven, S. H., Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. (2011). Executive functions as predictors of math learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 44(6), 521-532.

Ustárroz, J. T., Molina, A. G., Lario, P. L., & García, A. V. (2012). Corteza prefrontal, funciones ejecutivas y regulación de la conducta. *Neuropsicología de la corteza prefrontal y las funciones ejecutivas*, 87-117.

Verdejo, A. & Tirapu, J. (2012). Neuropsicología clínica en perspectiva: retos futuros basados en desarrollos presentes. *Rev Neurol*; 54(3): 180-186.

Vuontela, V., Carlson, S., Troberg, A. M., Fontell, T., Simola, P., Saarinen, S., & Aronen, E. T. (2013). Working memory, attention, inhibition, and their relation to adaptive functioning and behavioral/emotional symptoms in school-aged children. *Child Psychiatry & Human Development*, 44(1), 105-122.

Zelazo, P. D., Müller, U., Frye, D., Marcovitch, S., Argitis, G., Boseovski, J. & Carlson, S. M. (2003). The development of executive function in early childhood. *Monographs of the society for research in child development*, i-151.

Zelazo, P.D. y Müller, U. (2011) Executive function in typical and atypical development. En U. Goswami (Ed.). *The Wiley-Blackwell Handbook of Childhood Cognitive Development* (pp, 574-603). Oxford: Blackwell.



Zelazo, P.H. (2006). The Dimensional Change Card Sort (DCCS): a method of assessing executive function in children. *Nature Protocols*, 1 (1): 297-301.



# ANEXOS

## Anexo 1

### Consentimiento informado

 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO</p>	 <p>FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA</p>
--	--

Sr. Padre de familia:

Con el objetivo de realizar una investigación para su trabajo de titulación, un psicólogo de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) estará aplicando una evaluación de los niños del colegio. Dicha evaluación consiste en resolver una prueba llamada Torre de Londres, para su aplicación se requieren 20 minutos y ésta se hará dentro de la escuela. Su hijo/a fue seleccionado/a al azar para realizar dicha actividad.

Si autoriza a su hijo/a participar en la actividad llene los siguientes campos:

Por la presente doy autorización a mi hijo/a \_\_\_\_\_  
para la realización de la evaluación por parte del psicólogo de la UNAM.

Nombre completo:

Firma:

Parentesco:

Teléfono:

Fecha:

## Anexo 2

### Instrucciones de aplicación de la Torre de Londres

¿Ves estas dos torres? Son iguales. Ésta la vas a usar tú y ésta es la que voy a usar yo.

Voy a colocar las cuentas en las clavijas de diferente manera y se trata de que tú las coloques en la misma forma haciendo el mínimo de movimientos posible. Hay dos reglas que tienes que seguir al mover las cuentas. La primera regla es que no debes colocar en las clavijas más cuentas de las que caben. La segunda clavija sólo puede colocarse dos cuentas, no debe ponerse una tercera. En esta tercera clavija sólo se puede poner una cuenta, no caben dos.

La segunda regla es que sólo puedes mover una cuenta a la vez. No puedes mover dos cuentas al mismo tiempo.

Ahora voy a colocar las cuentas en diferentes posiciones y tu tienes que colocarlas igual en tu torre con el mínimo de movimientos que sea posible. Algunas posiciones son difíciles, pero debes hacer tu mejor esfuerzo. Todas las posiciones se pueden resolver

### Anexo 3

## TORRE DE LONDRES<sup>DX</sup>

### FORMA DE REGISTRO PARA NIÑOS (7-15 años)

William C. Culbertson, Psy.D & Eric A. Zillmer, Psy. D.

<b>NOMBRE:</b>				(F) (M)	<b>EXPTE:</b>									
<b>EDAD:</b>	<b>ESC:</b>	<b>Der.</b>	<b>Izq.</b>	<b>FECHA APLIC.:</b>										

INSTRUCCIONES: Para cada problema registre el número de movimientos en la columna "MOV". En las casillas correspondientes registre el tiempo de inicio, de ejecución y total para cada problema; registre también las violaciones al tiempo y a las reglas de tipo I y II. Cuando termine llene las casillas de puntuación de cada problema siguiendo la ecuación; sume los totales de cada columna en los cuadros grises. Traslade estos puntajes al perfil.

PROBLEMAS				Posición de salida			PUNTUACIÓN DE LA TORRE DE LONDRES							
D	①	②	③	Tiempo límite	R	A	③	MOV - MIN = PUNT MOV	REG DEL TIEMPO			VIOLACIONES		
	V	A	R		①	②	③		INICIAL	EJECUCIÓN	TOTAL	Tiempo > 1 min	Reglas	
P	V	R	A	2min	<input type="text"/>	(2)			INICIAL	EJECUCIÓN	TOTAL	Tiempo > 1 min	Reglas	
P	A	V	R	2min	<input type="text"/>	(2)		I					II	
①	A	V	R	2min	<input type="text"/>	- (3) =	<input type="text"/>							
②	R	A	V	2min	<input type="text"/>	- (3) =	<input type="text"/>							
③	V	A	R	2min	<input type="text"/>	- (3) =	<input type="text"/>							
④	V	R	A	2min	<input type="text"/>	- (4) =	<input type="text"/>							
⑤	A	R	V	2min	<input type="text"/>	- (5) =	<input type="text"/>							
⑥	R	A	V	2min	<input type="text"/>	- (6) =	<input type="text"/>							
⑦	R	V	A	2min	<input type="text"/>	- (6) =	<input type="text"/>							
⑧	R	A	V	2min	<input type="text"/>	- (7) =	<input type="text"/>							
⑨	V	R	A	2min	<input type="text"/>	- (7) =	<input type="text"/>							
⑩	A	V	R	2min	<input type="text"/>	- (7) =	<input type="text"/>							
<b>Total de puntajes correctos</b> ☞ (número de problemas resueltos con el mínimo de movimientos)					<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

**Observaciones:**

Tipo I + II ☞

## Anexo 4

### TORRE DE LONDRES<sup>DX</sup> OBSERVACIONES CONDUCTUALES. NIÑOS (7-15 años) William C. Culbertson, Psy.D & Eric A. Zillmer, Psy. D.

EXPEDIENTE:						
<b>APROXIMACIÓN A LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS</b>						
Sistemático	1	2	3	4	5	Desorganizado
Deliberativo	1	2	3	4	5	Impulsivo
Persistente	1	2	3	4	5	Lo deja fácilmente
Flexible	1	2	3	4	5	Rígido
<b>ATENCIÓN Y ACTIVIDAD</b>						
Alerta	1	2	3	4	5	<div style="display: flex; align-items: center; gap: 10px;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #0070c0; border: 1px solid #000;"></div> Nivel de alerta por debajo  <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #0070c0; border: 1px solid #000;"></div> Nivel de alerta por arriba                 </div>
Atento, orientado a la tarea	1	2	3	4	5	
Actividad motora apropiada a la edad	1	2	3	4	5	<div style="display: flex; align-items: center; gap: 10px;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #0070c0; border: 1px solid #000;"></div> Nivel de activ mot por debajo  <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #0070c0; border: 1px solid #000;"></div> Nivel de activ mot por arriba                 </div>
<b>PERSONAL – EMOCIONAL -- SOCIAL</b>						
Cooperador	1	2	3	4	5	Resistente, opositorista
Confianza en sí mismo	1	2	3	4	5	Duda de sus habilidades
Relajado, confortable	1	2	3	4	5	Ansioso, tenso
Capaz de tolerar la frustración	1	2	3	4	5	Pobre tolerancia a la frustración
Necesita muy poco apoyo	1	2	3	4	5	Necesita que se le anime y estimule
<b>Otras observaciones:</b>						