



**UNIVERSIDAD  
MAYOR**

**FACULTAD DE HUMANIDADES  
POSTGRADOS EDUCACIÓN  
MAGÍSTER EN NEUROCIENCIAS DE LA EDUCACIÓN  
TESINA**

**Trastornos que afectan el desempeño de las funciones  
ejecutivas en niños y adolescentes.**

TESINA PARA OPTAR AL GRADO  
ACADÉMICO DE MAGISTER EN  
NEUROCIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

**Alumno:**

**Felipe Neira Ortiz**

SOLO USO ACADÉMICO

## Resumen

La rama de la neurociencia ha ido tomando palco en muchas disciplinas desde su creación, y sin duda la educación es una de estas. Dentro de la neurociencia, las funciones ejecutivas, encargadas de establecer los procesos para el cumplimiento de objetivos y/o resolución de problemas, juegan un rol fundamental en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Esta investigación plantea diversas caracterizaciones en torno a este tema y expone cuáles son los trastornos que afectan el desempeño de estas.

**Palabras clave:** niño – adolescente – desempeño académico - neurociencia - funciones ejecutivas – neuroanatomía - trastornos.

SOLO USO ACADÉMICO

<b>Contenido</b>	
<b>1. Introducción</b> .....	4
<b>2. Problema</b> .....	5
<b>3. Propósito</b> .....	5
<b>4. Fundamentación</b> .....	6
<b>5. Relevancia</b> .....	6
<b>6. Objetivos</b> .....	7
<b>6.1 Objetivo general</b> .....	8
<b>6.2 Objetivos específicos y preguntas de investigación</b> .....	8
<b>7. Descripción de la metodología</b> .....	9
<b>7.1 Cronograma</b> .....	10
<b>8. Estado del arte del objeto de estudio</b> .....	10
<b>8.A Listado temas asociados</b> .....	10
<b>8.B Esquema global</b> .....	11
<b>8.1 Funciones ejecutivas</b> .....	11
<b>8.2 Memoria de trabajo</b> .....	15
<b>8.3 Control inhibitorio</b> .....	19
<b>8.4 Flexibilidad cognitiva</b> .....	20
<b>8.5 Toma de decisiones</b> .....	22
<b>8.6 Fluidez verbal</b> .....	25
<b>8.7 Planificación</b> .....	27
<b>8.8 Trastornos de las FE</b> .....	28
<b>9. Resultados</b> .....	30
<b>10. Conclusión</b> .....	31
<b>11. Bibliografía</b> .....	32

## 1. Introducción

Los descubrimientos en la neurociencia han sido de relevancia en distintos campos del saber, siendo uno de estos la educación. De acuerdo con Salas (2003), este conglomerado de ciencias está centrado en estudiar el sistema nervioso central, poniendo especial énfasis en como los procesos cerebrales se ven involucrados con el aprendizaje y el comportamiento. También, este indica como la neurociencia ha confirmado distintos hallazgos que la psicología del desarrollo había entregado como supuestos teóricos en años anteriores como la experiencia temprana.

De igual manera, Salas (2003) establece que la educación necesita de manera rotunda la influencia de la neurociencia en la educación, esto debido a la variada investigación científica que se ha hecho en relación con las beneficios y limitaciones de la capacidad cerebral, y como esta tiene implicaciones y aplicaciones en la pedagogía.

Ahora ¿Qué son las funciones ejecutivas? Una de las caracterizaciones más reciente fue entregada por Fonseca, Rodríguez y Parra (2016), en la cual se establece a las FE como procesos cognitivos de carácter superior y como un sistema multimodal que es necesario para la previsión de metas, planificación, comienzo de actividades, acciones mentales, monitorización, flexibilidad y organización del tiempo con la finalidad de solucionar de un problema. De igual manera, plantean que existen diversas definiciones y procesos que se pueden incluir al momento de caracterizar a las funciones ejecutivas, pero que sin embargo existe un gran consenso en como estas se desarrollan. Debido a esto, esta investigación se centró en exponer las características que estas presentan a medida que el desarrollo evolutivo va sucediendo.

## **2. Problema**

Tal como explican Delgado y Etchepareborda (2013), existen trastornos que afectan el neurodesarrollo normal, que se han podido evidenciar gracias al avance en las técnicas de exploración funcional del cerebro y de pruebas neuropsicológicas computarizadas, las cuales han aportado al descubrimiento de causas en diversas patologías cerebrales.

De igual forma, Tirapu, Muñoz, Pelegrín y Albéniz (2006) establecieron que muchas de estas alteraciones en el neurodesarrollo presentan repercusiones en el desempeño de las funciones ejecutivas.

Partiendo de estas premisas, este trabajo de investigación se enfocará en responder la siguiente pregunta:

¿Cuáles son los trastornos que afectan el desempeño normal de las funciones ejecutivas en niños y adolescentes?

## **3. Propósito**

Este trabajo de investigación tiene como propósito crear un marco conceptual que recopile las distintas nociones de funciones ejecutivas que han entregado diferentes autores y entregar una vinculación de cada uno de los procesos involucrados a la anatomía cerebral.

De igual forma, indicar cuales son los trastornos principales que afectan el funcionamiento normal de estas durante la niñez y adolescencia. Esto con la finalidad de entregar sugerencias al sistema escolar, que posibiliten un mejor desempeño en clases.

#### **4. Fundamentación**

Best, Miller y Naglien (2001), establecieron que el desarrollo de funciones ejecutivas tales como el autocontrol, la memoria de trabajo, la organización, la planeación, la solución de problemas, y la flexibilidad de pensamiento, son fundamentales para establecer un proceso de aprendizaje apto desde la primera infancia. Asimismo, variaciones en los procesos concernientes a las FE, pueden perjudicar el desempeño académico, refiriéndose a este como el nivel de logro alcanzado en distintas materias. (Fonseca, Rodríguez & Parra, 2016).

Con base en esto, investigar sobre las causas involucradas en el mal funcionamiento de las FE se hace pertinente en el campo de la neuroeducación, para de esta forma llegar a consensos que creen aportes en la pedagogía.

#### **5. Relevancia**

Los profesionales de la educación deben estar capacitados con respecto al funcionamiento del cerebro y que estos deben enfocarse de manera colaborativa, en aprender más sobre este y su relación con la teoría del aprendizaje. Crear documentación que recopile, fundamente y aporte al estado del arte de la neuroeducación adquiere suma relevancia, ya que es necesario cambiar antiguos modelos conductistas aun en uso a otros acordes a los descubrimientos hechos en torno al cerebro (Salas, 2003).

También, fomentar un mejor rendimiento escolar es de interés para apoderados y estudiantes ya que obteniendo mejores calificaciones, se puede optar por mejores oportunidades para estudiar y tener un mejor futuro laboral, lo que conlleva a una mejor calidad de vida.

De igual forma, es un tema de interés legislativo, ya que se deberían promover políticas que fomenten el sano desarrollo de las capacidades cognitivas en todos los niveles, considerando la suma relevancia que tiene la educación para el desarrollo de un país. Por esto, los hallazgos en torno a la neuroeducación tienen que ser considerados por los especialistas al momento de diseñar la documentación técnica entregada por el ministerio de educación.

Por último, Fonseca et al. (2016), establece que es relevante que los sistemas educativos, mediante los profesionales de la educación, posean elementos que permitan interactuar en las actividades escolares y que promuevan un sano desarrollo de las FE. De esta manera, al presentarse contrariedades pertenecientes a esta índole, se intervenga con la finalidad de evitar el abandono escolar, o las implicaciones de carácter académico, económico o social.

## **6. Objetivos**

A continuación, se presentan los objetivos de esta investigación, tanto el general como los específicos. De igual forma, se definen las preguntas de investigación principales y las que se desprenden de estas, que apuntan a dar las respuestas necesarias para conseguir la meta propuesta.



## 6.1 Objetivo general

El principal objetivo de esta investigación es:

**Identificar los trastornos que afectan el desempeño normal de las funciones ejecutivas en la niñez y adolescencia.**

## 6.2 Objetivos específicos y preguntas de investigación

A continuación, se muestra la tabla n°1, en la que se presentan los objetivos específicos a seguir, junto con las preguntas principales que se deben hacer para alcanzarlos. De igual manera, se presentan las preguntas secundarias que se desprenden, las cuales demarcarán los alcances de esta investigación.

**Tabla N° 1: Preguntas principales y secundarias de acuerdo con los objetivos específicos declarados**

<b>Objetivos específicos</b>	<b>Preguntas principales</b>	<b>Preguntas secundarias</b>
Caracterizar el concepto de funciones ejecutivas.	¿Cuál es el concepto de funciones ejecutivas?	¿Qué subsistemas se desprenden de las funciones ejecutivas?  ¿Qué áreas cerebrales se activan cuando las FE actúan?  ¿Qué características tienen las FE durante la niñez y adolescencia?

<p>Identificar los trastornos que afectan a las FE durante la niñez y adolescencia.</p>	<p>¿Qué trastornos perjudican el funcionamiento normal de las FE durante estos periodos?</p>	<p>¿A qué se deben estos trastornos?</p> <p>¿Cómo perjudican estos trastornos al funcionamiento normal de las FE?</p> <p>¿Cómo se puede lidiar con estos trastornos?</p>
---	--	--

Fuente: Elaboración propia.

## 7. Descripción de la metodología

Esta investigación es del tipo descriptiva, por lo tanto, se abordan las características de las temáticas mencionadas a través de una recopilación documental bibliográfica, creando un marco conceptual que sustenta los objetivos planteados. Este será creado tras una búsqueda de información en revistas científicas y publicaciones oficiales. De esta forma, toda la información que se obtenga estará sustentada bajo las normas de la Asociación Americana de Psicología (APA).

Este marco conceptual está dividido en dos partes. En la primera, se presenta el concepto de FE, entregando definiciones de varios autores y dividiéndolas en las distintas funciones, entregando características que estas poseen durante la infancia y la adolescencia. Además, se explica el sustrato neuroanatómico que estas poseen. En la segunda parte, se presentan los trastornos que afectan a las FE, abordando las razones de esto y que provocan en estas. Finalmente, se presentarán los resultados de la investigación y las conclusiones que se desprenden de esta.

## 7.1 Cronograma

En la tabla n°2, se presenta el cronograma establecido, en donde se puede notar como fue distribuido el tiempo para llevar a cabo esta investigación.

**Tabla N° 2: Cronograma de actividades llevadas a cabo para realizar la tesina.**

<b>Actividad llevada a cabo</b>	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
Planteamiento de la problemática.	■							
Búsqueda de información.		■	■	■				
Redacción del primer avance de la tesina.			■	■				
Redacción del estado del arte de la tesina.					■	■		
Resultados y conclusiones.							■	
Entrega de la tesina.								■

Fuente: Elaboración propia.

## 8. Estado del arte del objeto de estudio

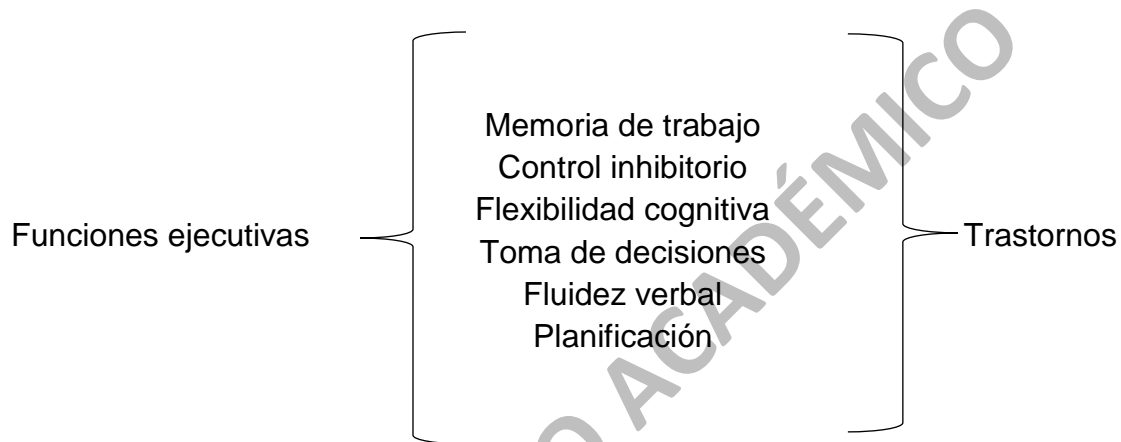
### 8.A Listado temas asociados

- Funciones ejecutivas
- Memoria de trabajo
- Control inhibitorio
- Flexibilidad cognitiva
- Toma de decisiones
- Fluidez verbal
- Planificación
- Trastornos de las FE

## 8.B Esquema global

A continuación, se presenta el esquema n°1, en donde se puede apreciar de manera general como los principales temas a abordar se relacionan entre sí.

### Esquema N°1: Esquema global de contenidos.



Fuente: Elaboración propia.

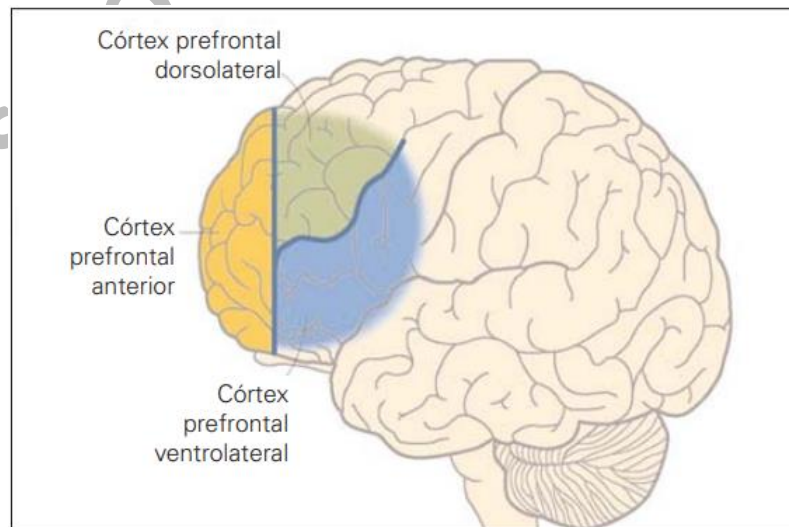
### 8.1 Funciones ejecutivas

Echavarría (2017) explicó que diversos investigadores han establecido variadas descripciones de FE, entregando diferentes modelos de planteamiento de estas, por lo que no existe una sola definición que abarque la amplia noción que se tiene sobre este tema. Esta primera parte de este trabajo de investigación se centra en recopilar algunas de las definiciones que existen en torno a las funciones ejecutivas, llevando finalmente a un sumario de sus características principales.

Sin usar el termino función ejecutiva propiamente tal, Alexander Luria (1973) fue el primero en referirse a un conjunto de capacidades en un humano para llevar a cabo tareas de complejidad mayor. Esto, tras hacer investigaciones en personas con daño en los lóbulos frontales, notó que ellos no contaban con un alto nivel de motivación y no tenían la habilidad para plantearse objetivos o metas complejas, relacionando estas áreas del cerebro a esta agrupación de facultades.

Estas indagaciones que relacionaban estas capacidades con la corteza prefrontal (CPF), se confirmarían gracias a estudios hechos en la rama de la neuropsicología experimental. Enfocada en establecer nexos entre lesiones y zonas y redes cerebrales, observó que pacientes con traumatismos en la región prefrontal presentaban alteraciones de tipo cognitivas, emocional y del comportamiento. (Tirapu et al., 2005). En la figura 1, se muestra la estructura y localización de la CPF.

**Figura 1: Localización corteza prefrontal dorsolateral, anterior y ventrolateral.**



**Fuente: Tirapu y Muñoz (2005).**

Esto toma relevancia al observar que muchos autores vinculan a las FE con procesos cognitivos, los cuales son entendidos como procedimientos llevados a cabo por la mente para completar cometidos y a la vez, son responsables del aprendizaje y la recuperación de este para su posterior uso (Reed, 2007).

Así, términos como funcionamiento ejecutivo aluden a un conjunto de articulaciones cerebrales relacionadas a la optimización de los procesos cognitivos con la finalidad de resolver situaciones de dificultad mayor (Tirapu, Muñoz y Pelegrín, 2002), siendo esta última característica abordada por otros autores como el propósito de las FE, como se observa en las siguientes conceptualizaciones.

Lezak (1982) acuñaría por primera el término funciones ejecutivas, haciendo referencia a las facultades que permiten establecer objetivos, plantear mecanismos de acción y llevarlos a la acción de la forma más eficaz posible.

Shallice (1988), estableció que las FE son procesos que unen ideas, movimientos y acciones simples que son orientados con la intención de resolver circunstancias complejas.

Sholberg y Mateer (1989) plantean que las FE son un conjunto de procesos cognitivos entre los que pueden ser mencionados la anticipación, la selección de objetivos, la planificación, la selección del comportamiento, la autorregulación y la retroalimentación.

Delgado y Etchepareborda (2013) consideran que las FE son capacidades cognitivas pertenecientes a la CPF que facilitan el establecimiento de metas, el planteamiento de procedimientos, el seguimiento de secuencias, la elección de actitudes acordes al resultado esperado y el inicio de las acciones requeridas para esto. De igual forma permiten la regularización de la conducta, monitorizar los procesos, la flexibilidad mental durante estos y la organización de carácter espacio-tiempo.

Fonseca, Rodríguez y Parra (2016), establecen las FE como procesos cognitivos de carácter superior y como un sistema multimodal que es necesario para la previsión de metas, planificación, comienzo de actividades, acciones mentales, monitorización, flexibilidad y organización del tiempo con la finalidad de solucionar de un problema. Todos estos mecanismos se entrelazan para la esquematización y dirección de procesos cognitivos y conductuales.

Echavarría (2017) considera a las FE como una construcción teórica creado en torno a las habilidades humanas para planificar, organizar, inhibir, monitorear el comportamiento propio y la flexibilidad mental cuando hacemos frente a nuevas situaciones.

Tamayo, Merchán, Hernández, Ramírez & Gallo (2018) conceptualizan a las FE como un grupo de procesos mentales distintos e interdependientes, responsables de la cognición y la regularización del comportamiento, incluyendo la solución de problemas, la planeación, la memoria de trabajo, toma de decisiones, autorregulación y capacidad inhibitoria.

Considerando estas definiciones dadas por distintos autores desde la concepción de las FE, se pueden apreciar conceptos reiterados en estas. Estas son caracterizadas como procesos cognitivos entre los cuales pueden ser mencionados la memoria de trabajo, control inhibitorio, flexibilidad cognitiva, toma de decisiones, fluidez verbal y planificación. A continuación, se hace una revisión de la bibliografía correspondiente a cada una de estas funciones ejecutivas.

## **8.2 Memoria de trabajo**

Baddeley (1986) habría definido primeramente este concepto como un tipo de memoria a corto plazo (MCP), el cual sería responsable de mantener la información “online” y hacer uso de esta al mismo tiempo. Sin embargo, múltiples revisiones bibliográficas plantean la evolución de este concepto, el cual se estimaba como un tipo de MCP a ser considerado como un sistema de variadas partes (Musso, 2009).

Posteriormente, la definición de esta función ejecutiva fue reconceptualizada y se planteó que el cerebro posee la facultad de mantener cierta cantidad de información presente durante el desarrollo de alguna actividad o resolución de un problema. Se desarrolló un modelo el cual se denominó ejecutivo central, encargado de controlar a otros sistemas dependientes que cumplen ciertas funciones como supervisar la información, centrando la atención hacia la que es de importancia y omitir la que no es necesaria (Baddeley, 1992).

Luego, Baddeley (2000) agregaría otros subsistemas involucrados en la memoria de trabajo, llamados el bucle fonológico, la agenda visoespacial y el buffer episódico. El bucle fonológico se refiere a un proceso de repaso de tipo articulatorio, es decir,

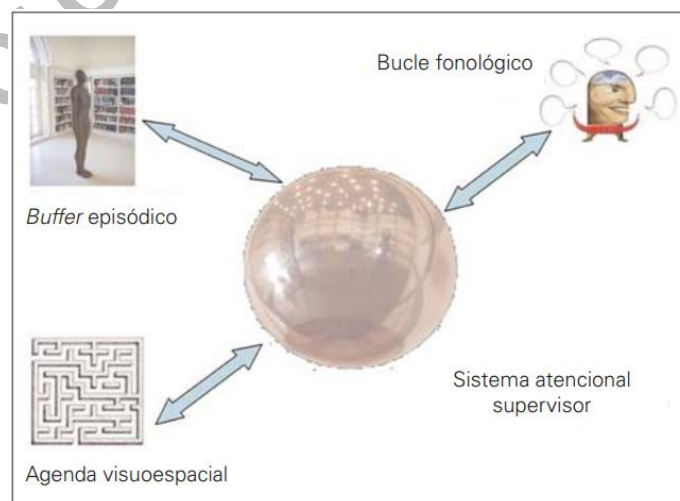


funciona como un método de acopio transitorio para la información recibida que sea de carácter verbal el cual trabaja hasta que el cerebro sea capaz de procesarla.

La agenda visoespacial funciona bajo el mismo planteamiento, con la diferencia que, en vez de procesar la información de carácter verbal, se centraliza en manipular las imágenes visuales con la finalidad de crear más representaciones a partir de estas y hacerles uso. (Baddeley, 2000).

Finalmente, el buffer episódico es integrado tras la recopilación de nuevos datos que indican que la información fonológica y visual se complementarían, haciendo uso también de la memoria a largo plazo. Este mecanismo no tendría un lugar en particular en la anatomía cerebral, sino que procedería del funcionamiento en conjunto de los componentes mencionados, creando una representación circunstancial de la información. (Prabhakaran, Narayanan Zhao & Gabrieli, 2000). En la figura 2, se muestra un esquema del modelo creado por Baddeley.

**Figura 2: Modelo ejecutivo central de Baddeley.**



**Fuente: Tirapu & Muñoz (2005).**

Refiriéndose al desarrollo de la memoria de trabajo durante la infancia, Delgado y Etchepareborda (2013) señalaron que diversos estudios demostraron que los bebés pueden recordar representaciones sencillas de manera sutil, y alrededor de los 8 meses de vida, tienen la habilidad de mantener información presente la cual no tienen a la vista. Esto indicaría que la memoria de trabajo empezaría a funcionar desde esta temprana etapa.

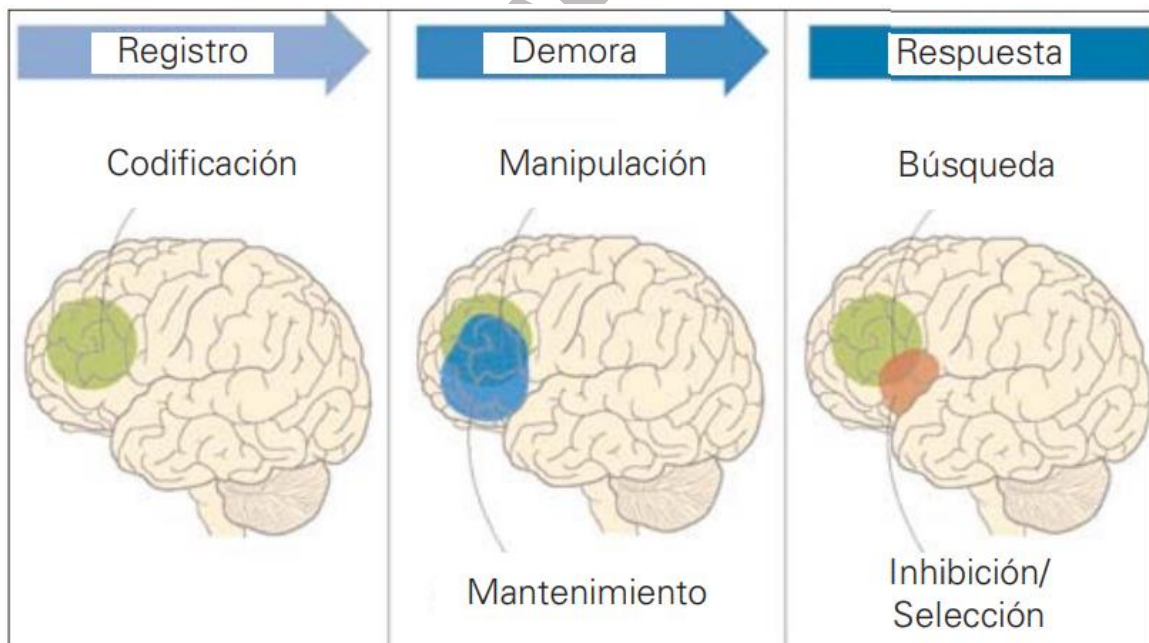
Luciana y Nelson (2002) establecieron que la memoria de trabajo visoespacial secuencial, es decir, la capacidad de reproducir caracteres visuales que se mantienen en la MT, logra su desempeño más alto cerca de los 12 años. No obstante, Luciana, Conklin, Hooper y Yarger (2005) concluyeron que, si se trata solo de la retención de esta información, el infante logra la capacidad adulta a los 9 años, sin mayor diferencia hasta los 20 años.

Como ya fue mencionado, el córtex prefrontal juega un papel preponderante en la articulación de las FE. Así, los subsistemas de la memoria de trabajo se relacionarían a distintas zonas cerebrales, como, por ejemplo, las áreas prefrontales encargadas de recordar las claves visoespaciales se conectarían con el lóbulo parietal posterior. De igual forma, el bucle fonológico está relacionado a áreas temporales ligadas al lenguaje, situadas principalmente en el hemisferio izquierdo del cerebro (Tirapu & Muñoz, 2005).

Rypma (1999) declaró que el córtex frontal dorsolateral entra en funcionamiento al momento de mantener información que sobrepasa la capacidad de la memoria de trabajo. Bajo esta mirada, el córtex prefrontal dorsolateral se vería estaría a cargo de encargarse de los procesos ineludibles para conservar cierta cantidad de información que, de otra manera, sobrepasaría la capacidad de la MT.

De igual manera, estudios de reconocimiento demorado aplicados con técnicas de resonancia magnética funcional han secundado esta declaración, lo que sugiere que el córtex prefrontal dorsolateral facilitaría la codificación de la información. Durante el periodo de demora, en el cual una persona no es capaz de interpretar cierta información, entran en funcionamiento el sector ventrolateral y el dorsolateral. Esto plantea que la capacidad de codificación y uso de la información dependerían principalmente del área dorsolateral, y que, por otra parte, la conservación de esta estaría ligada con el funcionamiento del sector ventrolateral (Tirapu & Muñoz, 2005). En la figura 3, se puede apreciar la activación de estas áreas en los diferentes procesos de codificación de información.

**Figura 3: Áreas cerebrales activadas durante estudios de reconocimiento demorado con resonancia magnética funcional.**

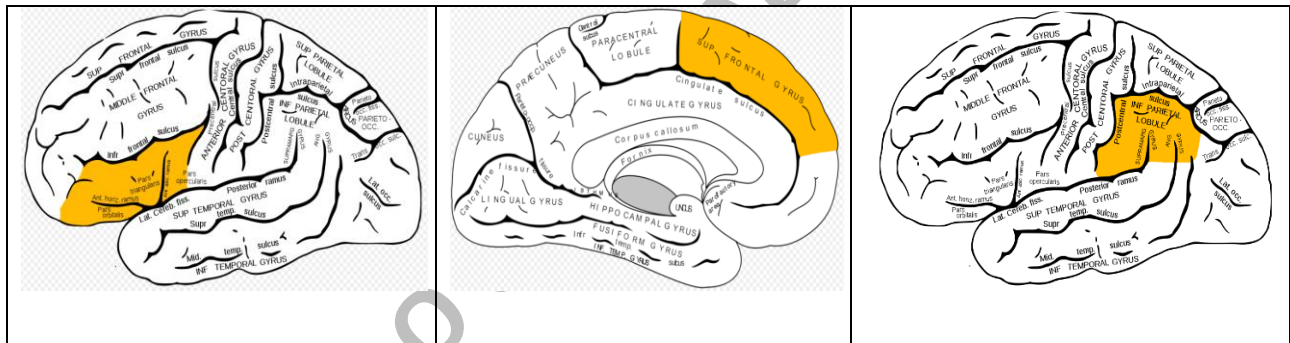


Fuente: Tirapu & Muñoz (2005).

### 8.3 Control inhibitorio

El control inhibitorio (CI) es conceptualizado como la habilidad para omitir algún tipo de respuesta de carácter motriz, emocional o representacional (Espy & Bull, 2005). Garavan, Ross y Stein (1999) postularon que la capacidad inhibitoria al enfrentarse a una respuesta motriz activaría una amplia red neuronal ubicada en el hemisferio derecho, la cual abarcaría las áreas de circunvoluciones frontal media e inferior, el lóbulo parietal inferior, el área frontal-límbica y la parte anterior de la ínsula. En la figura 4, se pueden apreciar las circunvoluciones frontal media e inferior y el lóbulo parietal inferior respectivamente.

**Figura 4: Circunvoluciones frontal media, frontal inferior y lóbulo parietal inferior.**



Fuente: Elaboración propia.

Las múltiples características de esta FE tales como, la habilidad de inhibición atencional, inhibición de estímulos irrelevantes o respuesta perseverativas, casi se encuentra en su estado máximo de desarrollo a los diez años. Generalmente, a la edad de doce años ya se presenta un orden cognoscitivo de esta función similar a la de un adulto, sin embargo, el desarrollo total de esta se alcanza cerca de los dieciséis años. El progreso en el desempeño de otras habilidades cognitivas tales como la atención o la memoria, articulan de manera previa el establecimiento de esta función (Bausela, 2010).

Actualmente y de manera consensual, se caracteriza a la inhibición como un constructo de varias dimensiones. Se establece que esta FE esta dividida en diferentes procesos inhibitorios con funciones y operaciones particulares. El modelo inhibitorio tripartito (MIT) es la taxonomía más aceptada, el cual plantea tres procesos: inhibición del comportamiento, inhibición cognitiva e inhibición perceptual (Introzzi, Canet-Juric, Montes, López y Mascarello, 2015).

La inhibición comportamental tiene como función primordial la supresión de respuestas desmesuradas que se puedan producir. Por otra parte, la inhibición cognitiva tiene la responsabilidad de reducir el influjo de las representaciones mentales prepotentes, ideas intrusivas o de información sin mayor importancia en la memoria de trabajo. De esta manera, se reduce la interferencia de las representaciones mentales irrelevantes que puedan generar un desvío de las que son importantes para alcanzar las metas predispuestas. Finalmente, la inhibición perceptual otorga la facultad de focalizar la concentración de manera intermitente en los estímulos que se puedan presentar en el ambiente (Introzzi et al., 2015).

#### **8.4 Flexibilidad cognitiva**

Papazian, Alfonso y Luzondo (2006) caracterizan a esta FE como un proceso mental que es relativo a la edad y al desarrollo de la capacidad inhibitoria y memoria de trabajo. De igual manera, esta permite que la atención sea enfocada de un estímulo a otro, otorgando la capacidad de cambiar de un set cognitivo a otro (Stuss, Floden, Alexander, Levine, & Katz, 2001).

Cartwright (2002), conceptualiza a la flexibilidad cognitiva como la habilidad para tener en cuenta varias características de los estímulos captados al mismo tiempo. Este

se desarrolla a través de los primeros años de escolaridad y puede ser evaluada con tareas de clasificación múltiple.

Por otra parte, Anderson (2002) define esta FE como la capacidad para modificar de manera pronta de una respuesta a otra, usando métodos alternos. Este proceso conlleva generalmente un análisis de los resultados causados por la conducta personal, para así lograr un aprendizaje de las equivocaciones hechas.

Esta FE comienza a notarse entre los 3 y 5 años, cuando al infante se le otorga la posibilidad de elegir entre más de una manera de hacer algo. La flexibilidad cognitiva depende de la cantidad de reglas que estén presente en una tarea, por lo tanto, esta se verá disminuida en su desempeño de acuerdo con la complejidad del cometido (Introzzi et al., 2015).

Zelazo y Frye (1998) argumentan que las FE se desarrollan en concordancia con los parámetros de complejidad en las reglas que un infante pueda crear y emplear en la resolución de un conflicto. Esta hipótesis se conoce como control y complejidad cognitiva (CCC) y plantea que a la edad de tres años un niño puede mantener presente solo una regla y si a este se le pide cambiarla, este se seguirá rigiendo por el primer principio.

También, varios autores sugieren que, hasta la edad de 7 años, siguen existiendo conflictos al momento de hacer frente a más de una regla al mismo tiempo durante el transcurso de una tarea (Anderson, Northam, Hendy, & Wrenall, 2001). Según Marchesi (1984), esto es debido a que los niños de esta edad tienden a poner atención a un solo aspecto de la realidad lo cual lleva a un tipo de pensamiento inflexible y desfigurado.

Piaget e Inhelder (1971), nombraron a esta propensión como centración y esta se desvanece al comenzar la fase de pensamiento operativo, la cual se caracteriza por la capacidad de manipular un grupo de variables de manera simultánea. Esta fase del desarrollo evolutivo permite un pensamiento más flexible. Woolfolk (2006) establece que la habilidad de revertir mentalmente algún proceso es una característica que se inicia en esta etapa y esto permite que el individuo pueda considerar otras formas de agrupar diferentes conceptos.

Varios autores sugieren que, a mayor edad, mayor es el número de reglas que un niño puede contener y al mismo tiempo comete menos errores. Aun así, esta FE alcanza el nivel adulto alrededor de los ocho y diez años. Dicho de otra forma, la flexibilidad cognitiva existe desde una etapa preescolar, se consolida cerca de los seis años y adquiere un nivel adulto alrededor de los diez años (Rosselli, Jurado y Matute, 2008).

### **8.5 Toma de decisiones**

La habilidad de toma de decisiones se caracteriza por la capacidad de escoger entre diferentes opciones las cuales representan ciertos montos de recompensa o castigo. El funcionamiento de esta FE ha sido ligado a la actividad de las redes neurales fronto-estriales, de manera más específica, está vinculada a la actividad de la amígdala, la corteza cingulada anterior y la corteza orbito frontal (Stelzer, Cervigni y Martino, 2010).

A través de un procedimiento para medir esta FE llamado Iowa gambling test (IGT), se probó que los infantes de entre 6 y 12 años cometen un número más grande

de selecciones perjudiciales y a medida que transcurre su adolescencia, estos mejorarían su desempeño. Esto quiere decir que tendrían una mayor capacidad para reconocer las contingencias ligadas a sus selecciones y son capaces de regularizar su comportamiento de acuerdo con estas. Sin embargo, el nivel adulto de desempeño se alcanzaría alrededor de entre los 18 y 22 años (Stelzer et al., 2010).

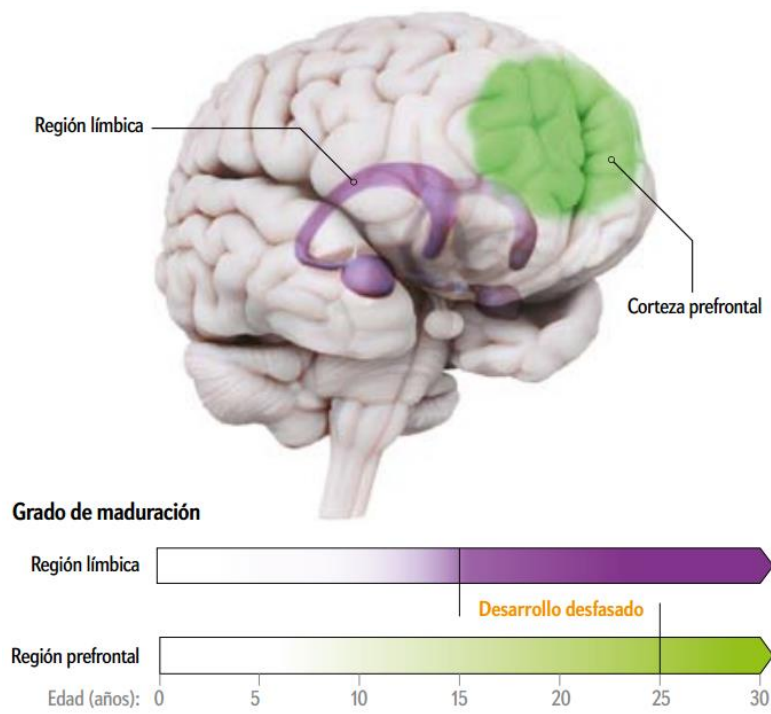
A través de estudios comparativos de desempeño y actividad neuronal en niños, adolescentes y adultos, relacionados a la toma de decisiones peligrosas, se ha notado que los adolescentes tienen un menor funcionamiento de las zonas de la corteza prefrontal, vinculadas al control cognitivo. Esto quiere decir que, durante esta etapa, habría una menor activación de la corteza prefrontal ventrolateral y la corteza cingulada anterior al momento de tomar decisiones de esta índole (Stelzer, Cervigni y Martino, 2010).

De igual forma, los adolescentes presentan una mayor activación del núcleo accumbens en estudios donde cierta recompensa se presentaba explícita y con una mayor valoración. Esto significaría que las conductas riesgosas durante esta etapa tendrían estrecha relación con la actividad de las redes límbico-estriadas y el sistema de recompensa. Algunos autores indican que el cambio en el desarrollo hormonal en esta fase etaria puede ser la causa en la variación de tales redes neuronales (Stelzer, Cervigni y Martino, 2010).

Según Giedd (2015) es más probable que durante la adolescencia, un individuo sea más propenso a verse envuelto en actividades de mayor riesgo ya que se produce un desajuste entre el desarrollo del sistema límbico y la CPF. El sistema límbico comienza a verse estimulado por hormonas al comenzar la pubertad, sin embargo, la CPF encargada de suprimir respuestas impulsivas no alcanzaría un pleno desarrollo hasta aproximadamente diez años más tarde. En la figura 5, se puede apreciar el desfase entre las áreas mencionadas.



**Figura 5: Desfase desarrollo CPF y región límbica.**



Fuente: Giedd J. (2015)

La hipótesis del mercado somático de Damasio (1998) intenta explicar la implicación de algunas áreas de la CPF en la toma de decisiones y el razonamiento. Esta surgió luego de hacer observaciones en pacientes con lesiones en el lóbulo frontal y notar que estos presentaban dificultades en el funcionamiento diario y relaciones sociales, pero que sin embargo mantenían las capacidades de razonamiento, toma de decisiones, intelecto, lenguaje, atención básica y memoria de trabajo. Este supuesto fue establecido con el objetivo de develar como las emociones influyen en las decisiones y razonamiento, concluyendo que estos dependen de diversos procesos neurobiológicos, de los cuales algunos son de carácter cognitivo y otros no. De igual manera, concluyó que las operaciones mentales obedecen a otros procesos como la atención y la MT.

## 8.6 Fluidez verbal

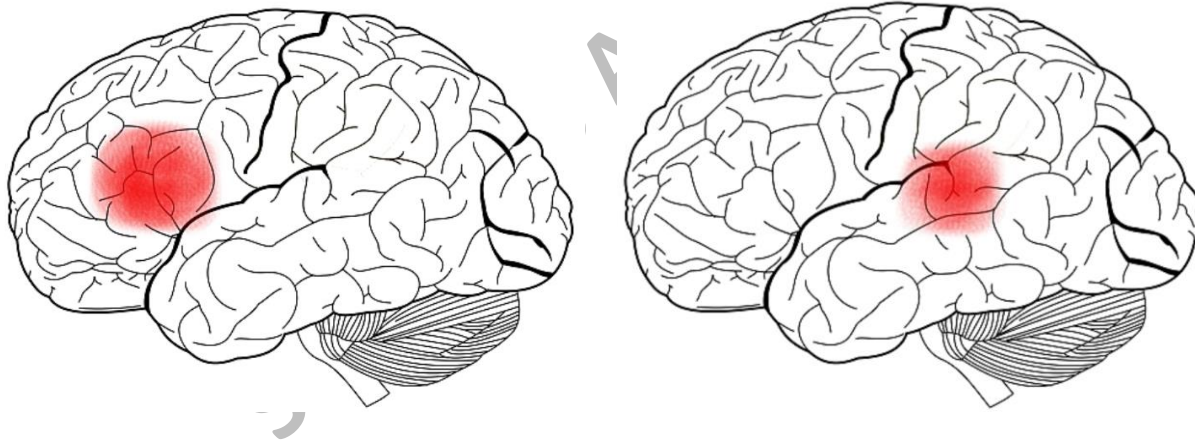
Hay variados estudios en torno al desarrollo de la fluidez verbal. Matute, Roselli y Ardila (2004) plantearon que la fluidez verbal semántica mejora continuamente hasta los 14 o 15 años. Por otra parte, Flores, Tinajero y Castro (2011) argumentan que la fluidez relacionada a verbos solo sigue incrementando después de la adolescencia si un individuo continúa su desarrollo educativo hasta el nivel universitario.

Durante la infancia de cinco a siete años se puede apreciar un alto uso de verbos que denominan acciones corporales tales como saltar, correr o caminar. Debido a esto, se planteó que la capacidad de representación de los verbos se desarrolla en torno a la hipótesis cognición encarnada (embodied cognition). Esta sugiere que las experiencias sensorio-motrices moldean el desarrollo mental de un infante (Kemmerer & González Castillo, 2010). Cerca de los doce años, los verbos de carácter abstracto comienzan a aparecer la cual coincide con la aparición de la actitud abstracta, la cual permite generar categorías semánticas (Flores, Castillo y Jiménez, 2014).

El nivel de fluidez verbal se ve influenciado por el nivel del léxico del infante y su entorno sociocultural. Es decir, si el nivel educacional de los progenitores es bajo, es muy posible que el vocabulario del niño sea escaso, lo que provocaría una baja producción de palabras en una prueba de fluidez verbal. Las capacidades de fluidez verbal semántica y fonológica se desarrollan a medida que un infante crece y aparentemente alcanzan su mayor nivel entre la adolescencia y la adultez temprana (Roselli, Jurado y Matute, 2008).

La zona cerebral relacionada con la producción del lenguaje y procesamiento de la gramática es el área de Broca, la cual se encuentra en la tercera circunvolución frontal del hemisferio izquierdo. Esta se une mediante fibras nerviosas llamadas fascículo arqueado al área de Wernicke (Trejo y Jiménez, 2007). Esta última zona se encarga de la decodificación lingüística (comprensión de las palabras) y se sitúa en el lóbulo temporal izquierdo y pertenece al área de asociación auditiva (Ardila, Bernal y Rosselli, 2016). En la figura 6, se muestran el área de Broca y Wernicke respectivamente.

**Figura 6: Localización área de Broca y Wernicke.**



**Fuente: Elaboración propia.**

## 8.7 Planificación

Esta función ejecutiva hace alusión a la habilidad para identificar y ordenar una serie de sucesos con la finalidad de alcanzar un objetivo determinado y se ve relacionada a la actividad del circuito dorsolateral (Lezak, Howieson y Loring, 2004). Alrededor de la edad de tres años, el infante ya entiende la naturaleza provisoria de un plan e incluso tiene la capacidad de plantear propósitos verbalmente en torno a su entorno. También, posee la capacidad de resolver problemas y establecer tácticas para prevenir futuros inconvenientes (Hudson, Shapiro, & Sosa, 1995). Durante esta etapa, también se puede apreciar movimientos al azar por parte del niño, los cuales serían producto de una carencia de un objetivo final (Welsh, 1991).

Rosselli, Jurado y Matute (2008), establecen que se puede apreciar una mejoría exponencial en el desempeño de la función planificadora desde el nacimiento hasta la adolescencia, pero que sin embargo esta se desacelera y mantiene al entrar en esta última fase. Si bien la ejecución de esta función es similar a la de un adulto, se plantea que el pináculo de esta habilidad se produciría durante los 20 y 29 años.

## 8.8 Trastornos de las FE

Lesiones presentes en la CPF son una causa del funcionamiento errático de las FE. Dependiendo de la localización del daño en esta corteza, se pueden diferenciar tres tipos de trastornos: síndrome prefrontal dorsolateral, síndrome medial o del cíngulo anterior, y síndrome prefrontal orbitofrontal (Delgado y Etchepareborda, 2013).

El síndrome prefrontal dorsolateral o disejecutivo, caracterizada por una alteración mayor de las FE, lo que provoca en el individuo un estado general de desorganización. Una de las características principales de este trastorno es la rigidez cognitiva, lo que promueve conductas perseverativas constantemente (Delgado y Etchepareborda, 2013). La capacidad de atención selectiva y excluyente se ve altamente afectada, al igual que la memoria de trabajo y la habilidad de planificación. De igual forma, los sujetos que padecen este trastorno muestran poca iniciativa y suelen no completar las tareas ni alcanzar las metas propuestas (Buselas y Santos, 2006).

Los afectados por el síndrome medial o del cíngulo anterior presentan un alto nivel de desmotivación, apatía, pasividad e inercia. Se puede evidenciar este trastorno en pacientes con afectación en el sistema atencional (Delgado y Etchepareborda, 2013).

Finalmente, el síndrome prefrontal orbitofrontal conduce a un comportamiento desinhibido, una alta impulsividad y conducta antisocial. Este trastorno es notorio en sujetos con una baja o nula capacidad inhibitoria (Delgado y Etchepareborda, 2013). También, los pacientes con esta afectación muestran aspectos hiperactivos y de energía inacabable, la cual usa de forma desordenada. Otras características implican

que son proclives al comportamiento imitativo y de utilización, poca capacidad de atención y escasa o nula preocupación por las convicciones sociales y éticas. Esto conlleva que muestran poco interés por las consecuencias que pueda ocasionar su conducta al resto de la gente, de tal manera que pueden llegar a presentar aspectos socio paticos (Buselas y Santos, 2006).

Pineda (2000) estableció una clasificación de los trastornos que presentan afectaciones a las FE. De igual forma, estos síntomas fueron observados en pacientes con lesiones en los lóbulos frontales, de los cuales se pueden mencionar un déficit en la atención sostenida y selectiva, impulsividad, hiperactividad, déficit en memoria de trabajo, déficit en alguno de los tres mecanismos de control inhibitorio, déficit en la autorregulación comportamental, perseveración y rigidez cognitiva, y dificultades en la planificación, entre otros.

Durante el desarrollo de las FE, estas se pueden ver afectadas por los siguientes trastornos: trastorno por déficit de atención con o sin hiperactividad, trastornos del aprendizaje, síndrome de déficit de atención, del control motor y de la percepción, síndrome de Gilles de la Tourette, síndrome de Asperger, trastorno autista, síndrome desintegrativo infantil, depresión infantil, trastorno obsesivo compulsivo infantil, trastornos de la conducta y trastorno explosivo intermitente (Pineda, 2000).

Delgado y Etchepareborda (2013), proponen diez principios para el tratamiento de las FE afectadas por lesiones en la CPF: adaptación del protocolo de entrenamiento neuropsicológico de las FE a los requerimientos del individuo; establecer objetivos bien definidos y dividir las actividades por paso; estimular el uso de estrategias internas; elaborar horarios; aumentar gradualmente el tiempo de entrenamiento en cada fase; realizar retroalimentaciones inmediatas, sobre todo para los que tienen poco nivel de frustración; evitar la monotonía y desmotivación a través de protocolos dinámicos; usar

distintos canales sensoriales de manera simultánea y secuencial; sociabilizar los resultados del entrenamiento y mantenerlo.

## **9. Resultados**

Se considera que el propósito de este trabajo de investigación se alcanzó de manera íntegra, ya que se logró redactar un marco conceptual que abarca una amplia caracterización de las FE y sus diferentes subsistemas, entregando propiedades que se observan en distintas edades y una vinculación neuroanatómica de manera ilustrativa.

En cuanto a la metodología utilizada en esta tesina, cabe destacar que es pertinente y válida ya que recoge datos presentados en revistas científicas y publicaciones hechas por autores entendidos en el tema, ya que varios han publicado más de un artículo en torno a las FE.

Si bien este trabajo utilizó datos de estudios hechos en torno al desarrollo de las FE ya implementados y no creo algún conocimiento nuevo dentro del campo de la neurociencia, sirve como referencia para otros investigadores que estén indagando sobre temas similares y puedan acceder a una fuente bibliográfica amplia por la cual puedan empezar extraer información y datos que sean de relevancia para su investigación.

Por todo esto, esta tesina aporta ordenando sistemáticamente los datos existentes en torno al tema planteado y los orienta hacia una perspectiva pedagógica. Sin embargo, como fue mencionado anteriormente, las FE son un conglomerado en el cual se han expuesto variados modelos y teorías, por lo cual existen otras nociones de estas que no fueron abarcados dentro de esta investigación.

## 10. Conclusión

Tal como fue planteado, existen múltiples caracterizaciones de las FE por parte de varios autores. Estas son caracterizadas como procesos cognitivos superiores y agrupan distintos procesos tales como memoria de trabajo, control inhibitorio, flexibilidad cognitiva, fluidez verbal, planeación, entre otros. Todo esto con la finalidad de alcanzar metas predispuestas. De igual forma, son varias las zonas cerebrales que se activan al momento de hacer usos de las FE, pero el área que juega un papel fundamental y que coordina todas las funciones es la corteza prefrontal. De igual forma, todos los autores llegan al consenso de que a medida que el desarrollo evolutivo va tomando lugar, las FE incrementan su desempeño junto a este, muchas de estas alcanzando su desempeño adulto durante la adolescencia.

Como fue establecido, hay distintos síndromes que pueden afectar el desempeño normal de las FE durante su desarrollo, algunos de estos causados por lesiones en la CPF, tales como síndrome prefrontal dorsolateral, síndrome medial o del cíngulo anterior, y síndrome prefrontal orbitofrontal. O también otro tipo de trastornos como trastorno por déficit de atención con o sin hiperactividad, trastornos del aprendizaje, síndrome de déficit de atención, del control motor y de la percepción, síndrome de Gilles de la Tourette, síndrome de Asperger, entre otros. Ya sea por lesiones en la CPF u otros trastornos, las FE se ven deterioradas debido a síntomas como déficit en la atención sostenida y selectiva, impulsividad, hiperactividad, déficit en memoria de trabajo, déficit en alguno de los tres mecanismos de control inhibitorio, déficit en la autorregulación comportamental, perseveración y rigidez cognitiva, y dificultades en la planificación. También, una media para rehabilitar las FE son los diez principios mencionados por Delgado y Etchepareborda (2013). Sin embargo, estas medidas son para los pacientes con lesiones en la CPF. Para los niños o adolescentes que presentan trastornos como los mencionados, es una mejor idea recurrir a profesionales docentes como psicopedagogo o educador diferencial.



## 11. Bibliografía

Anderson, V., Northam, E., Hendy, J., & Wrenall, J. (2001). *Developmental Neuropsychology: A clinical approach*. New York: Psychology Press.

Anderson, P. (2002). Assessment and development of executive function (EF) during childhood. *Child Neuropsychology*, 8, 71-82.

Ardila, A., Bernal, B. y Rosselli M. (2016). How Extended Is Wernicke's Area? Meta-Analytic Connectivity Study of BA20 and Integrative Proposal. *Neuroscience Journal*, 1-6.

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

Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, 255, 556 – 559.

Baddeley A, Della Sala S, Papagno C y Spinnler H. (1997) Testing central executive with a pencil and paper test. In Rabbitt P, ed. *Methodology of frontal and executive function*. Hove, UK: Psychology Press.

Baddeley A. (2000) The episodic buffer: a new component of working memory. *Trends Cogn Sci*. 4: 417-23.

Bausela E. (2010) Función ejecutiva y desarrollo en la etapa preescolar. *BOL PEDIATR*. 2010; 50: 272-276.

Best, J. R., Miller, P. H. y Naglieri, J. A. (2001). Relations between executive function and academic achievement from ages 5 to 17 in a large, representative national sample. *Learning and Individual Differences*, 21, 327-336.

Buselas-Herreras, E. y Santos-Cela J. (2006). Disfunción ejecutiva: sintomatología que acompaña a la lesión y/o disfunción del lóbulo frontal. *Avances en Salud Mental Relacional*, 5: 1-15.

Cartwright, K. B. (2002). Cognitive Development and Reading: The Relation of Reading-Specific Multiple Classification Skill to Reading Comprehension in Elementary School Children. *Journal of Educational Psychology*, 94, 56-63.

Damasio, A. R. (1998). The somatic marker hypothesis and the possible functions of the prefrontal cortex. En A. C. Roberts, T. W. Robbins y L. Weiskrantz (Eds.), *The prefrontal cortex: executive and cognitive functions* (pp. 36-50). Oxford: Oxford University Press.

Delgado-Mejía I. y Etchepareborda M. (2013) Trastornos de las funciones ejecutivas. Diagnóstico y tratamiento. *Rev Neurol*. 57, (1) 95-103.

Echavarría, L. (2017). Modelos Explicativos de las Funciones Ejecutivas. *Revista de Investigación en Psicología*, 20 (1) 237-247.

Espy, K. y Bull, R. (2005). Inhibitory processes in young children and individual variation in short-term memory. *Developmental Neuropsychology*, 28, 669-688.

Flores Lázaro, J. C., Tinajero Carrasco, B. & Castro Ruiz, B. (2011). Influencia del nivel y de la actividad escolar en las funciones ejecutivas. *Revista interamericana de Psicología*, 45, 281-292.

Flores-Lázaro, Julio C., Castillo-Preciado, Rosa E., & Jiménez-Miramonte, Norma A. (2014). Desarrollo de funciones ejecutivas, de la niñez a la juventud. *Anales de Psicología*, 30(2), 463-473.

Fonseca GP, Rodríguez LC y Parra JH. (2016) Relación entre funciones ejecutivas y rendimiento académico por asignaturas en escolares de 6 a 12 años. *Hacia promoc. Salud*, 21(2): 41-58. DOI: 10.17151/hpsal.2016.21.2.4

Garavan, H., Ross, T. J., and Stein, E. A. (1999). Right hemispheric dominance of inhibitory control: an event-related functional MRI study. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 96(14), 8301–6.

Giedd J. (2015) La plasticidad del cerebro adolescente. *Investigación y ciencia*, Agosto, 15 – 19.

Hudson, J., Shapiro, L. y Sosa, B. (1995). Planning in the real World: Preschool children's scripts and plans for familiar events. *Child Development*, 66, 984-998.

Introzzi I., Canet-Juric L., Montes S., López S. y Mascarello G. (2015) Procesos Inhibitorios y flexibilidad cognitiva: evidencia a favor de la Teoría de la Inercia Atencional. *INT.J.PSYCHOL.RES.*, 8 (2): 60-74.

Kemmerer, D. y Gonzalez Castillo, J. (2010). The two-level theory of verb meaning: an approach to integrating the semantics of action with the mirror neuron system. *Brain and Language*, 112 (1), 54-76.

Marchesi, A. (1984). El pensamiento preoperatorio. *Desarrollo cognitivo y social del niño*, (pp. 181-205). Madrid: Alianza.

Matute, E. Roselli, M. & Ardila, A. (2004). Verbal and no verbal fluency in spanish speaking children. *Developmental Neuropsychology*, 26, 647-660.

Lezak, M. (1982). The problem of assessing Executive Functions. *International Journal of Psychology*, 17, 281 – 297.

Lezak, M. D., Howieson, D. B., & Loring, D. W. (2004). *Neuropsychological assessment* (4a. ed.). New York: Oxford University Press.

Luciana, M. y Nelson, C. A. (2002). Assesment of neuropsychological function trough use of the cambridge neuropsychological testing automated battery: performance in 4 to 12 year old children. *Developmental Neuropsychology*, 22, 595-624.

Luciana M, Conklin H. M, Hooper C. J, & Yarger R. S. (2005). The development of nonverbal WM and executive control processes in adolescents. *Child Development*, 76, 697-712.

Luria A. (1973) *The working brain: an introduction to neuropsychology*. New York: Basic Books.

Musso, M. (2009). Funciones ejecutivas y control ejecutivo: una revisión bibliográfica mirando la arquitectura de la mente. *Revista de Psicología*, 5(9), 106 – 123.

Papazian, O., Alfonso, I., & Luzondo, R. J. (2006). Trastornos de las funciones ejecutivas. *Revista de Neurología*, 42, S45–S50.

Piaget, J. & Inhelder, B. (1971). *Psicología del niño*. Madrid: Morata.

Pineda D. (2000) Función ejecutiva y sus trastornos. *Rev Neurol*, 30, 764-8.

Prabhakaran V, Narayanan K, Zhao Z, Gabrieli JD. (2000) Integration of diverse information in working memory within the frontal lobe. *Nat Neurosci.*, 3: 85-90.

Reed, S. (2007). *Cognition. Theory and Applications*. USA: Thomson Wadsworth.

Rosselli M., Jurado M. y Matute E. (2008). Las Funciones Ejecutivas a través de la Vida. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, Vol.8, No .1, pp. 23-46.

Rypma B, Prabhakaran V, Desmond JE, Glover GH, Gabrieli JD. (1999) Load-dependent roles of frontal brain regions in the maintenance of working memory. *Neuroimage*, 9, 216-26.

Salas, R. (2003). ¿La Educación Necesita Realmente de la Neurociencia? *Estudios Pedagógicos*, 29, 155-171.

Shallice, T. (1988). *From neuropsychology to mental structure*. Cambridge: Cambridge University Press.

Stelzer F., Cervigni M. y Martino P. (2010) Bases neurales del desarrollo de las funciones ejecutivas durante la infancia y adolescencia. Una revisión. *Rev. chil. neuropsicol.*, 5(3): 176-184

Stuss, D. T., Floden, D., Alexander M. P., Levine B., & Katz D. (2001). Stroop performance in focal lesion patients: dissociation of processes and frontal lobe lesion location. *Neuropsychologia*, 39, 771–786.

Tamayo L., D. A., Merchán M., V., Hernández C., J. A., Ramírez B., S.M. y Gallo R., N.E. (2018). Nivel de desarrollo de las funciones ejecutivas en estudiantes adolescentes de los colegios públicos de Envigado-Colombia. *Rev.CES Psico*, 11(2), 21-36.

Tirapu J, Muñoz-Céspedes JM y Pelegrín C. (2002) Funciones ejecutivas: necesidad de una integración conceptual. *Rev Neurol*, 34: 673-85.

Tirapu-Ustárroz J. y Muñoz-Céspedes J. (2005). Memoria y funciones ejecutivas. *REV NEURO*, 41 (8): 475-484.

Tirapu-Ustárroz J, Muñoz-Céspedes JM, Pelegrín-Valero C y Albéniz-Ferreras A. (2005) Propuesta de un protocolo para la evaluación de las funciones ejecutivas. *Rev Neurol*, 41: 177-86.

Trejo Martínez D. y Jiménez P. (2007). Aspectos anatómicos y funcionales sobre el área de Broca en neurocirugía funcional. *Revista Médica Hospital General de México*.

Welsh, M. C. (1991). Rule-guided behavior and self-monitoring on the Tower of Hanoi disk-transfer task. *Cognitive Development*, 6, 59-76.

Woolfolk, A. (2006). *Psicología Educativa* (9ª ed.). México: Pearson Educación

Zelazo, P. D., & Frye, D. (1998). Cognitive complexity and control: II. The development of executive function. *Current directions in Psychological Science*, 7, 121-126.

SOLO USO ACADÉMICO