

UNIVERSIDAD DE ALMERÍA



FACULTAD DE HUMANIDADES Y PSICOLOGÍA

División de Psicología



Trabajo Fin de Grado en Psicología

Convocatoria Septiembre 2014

**Evaluación neuropsicológica de las funciones ejecutivas en pacientes con
daño cerebral adquirido**

**Neuropsychological evaluation of the executive functions in patients
with acquired brain injury**

Autora: Lucía Capulino-Lanuza Pérez

Tutora: María Teresa Daza González

Resumen

Dentro del campo de la neuropsicología, el concepto de “funciones ejecutivas” ha estado sujeto a diferentes modificaciones teóricas a lo largo de los últimos años. El surgimiento de nuevas investigaciones dentro del campo de la psicología cognitiva, unido a la creación y mejora de las técnicas de neuroimagen ha dado lugar a un extenso crecimiento de este ámbito profesional. Gracias a estos avances se han logrado establecer unos pilares teóricos sólidos, cuyo objetivo principal ha sido la acotación de la definición de este concepto tan ampliamente estudiado. De esta manera, el estudio de dicho constructo ha propiciado la elaboración de diversos modelos teóricos sobre las funciones ejecutivas en las últimas décadas. La formulación de dichas teorías, a su vez, ha generado un creciente interés por la creación y desarrollo de nuevas técnicas de evaluación neuropsicológica cada vez más específicas y óptimas para un adecuado diagnóstico. El objetivo principal del presente trabajo consistió en la realización de una actualización teórica de los diferentes modelos explicativos de funciones ejecutivas surgidos en los últimos treinta años, gracias al progresivo crecimiento y expansión de la Neurociencia Cognitiva, así como la recopilación de las nuevas técnicas de evaluación neuropsicológica de funciones ejecutivas administradas a pacientes con daño cerebral adquirido.

Palabras clave: funciones ejecutivas, neuropsicología, modelos funcionamiento ejecutivo, daño cerebral adquirido, evaluación neuropsicológica.

Abstract

Inside the neuropsychological field, the executive functions concept has been modified during the last years. The new investigation's arise inside the field of cognitive psychology, and the creation and improvement of neuroimage techniques, has given birth to large growing in this professional area. Thanks to this advancement, it has established a strong solid base, which main objective has been approaching the definition of this concept. The construct's study has provoked the elaboration of different theoretical models about the executive functions in the last decades. The manner of these theories has been generated an increasing interest for the creation and development of new neuropsychological evaluation techniques more specific and ideal

for a better diagnosis. The main purpose of this bibliographical review consist in the theoretical update of different executive functions models created in the last thirty years thanks to the progressive growing and expansion of Cognitive Neuroscience, and the collection of the new neuropsychological evaluation techniques administrated to patients with brain injury.

Keywords: executive functions, neuropsychology, executive functions models, brain injury, neuropsychological evaluation.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. Introducción.....	págs. 1-7
1.1. Conceptualización teórica de las funciones ejecutivas...	1
1.2. Neuropsicología de las funciones ejecutivas y daño cerebral adquirido.....	3
2. Objetivos.....	pág. 7
3. Metodología.....	pág. 7
4. Desarrollo.....	págs. 7-22
4.1. Modelos teóricos de funciones ejecutivas.....	7
4.1.1. Modelo de memoria de trabajo.....	8
4.1.2. Modelo del Sistema Atencional Supervisor.....	9
4.1.3. Modelo de jerarquización de las FE.....	10
4.1.4. Hipótesis del marcador somático.....	11
4.1.5. Modelo factorial de las FE.....	13
4.1.6. Modelo integrador de las FE.....	14
4.1.7. Modelo del sistema ejecutivo dual.....	15
4.2. Técnicas de evaluación neuropsicológica de las funciones ejecutivas.....	16
4.2.1. <i>Tareas de memoria de trabajo</i>	<i>16</i>
4.2.1.1. Tarea de Sternberg.....	16
4.2.1.2. Subtest de Letras y números de la escala de memoria de Wechsler.....	17
4.2.1.3. Tarea n-back.....	17
4.2.2. <i>Tareas de inhibición</i>	<i>17</i>

4.2.2.1.	Tarea Stroop.....	17
4.2.2.2.	Tarea go/no go.....	18
4.2.3.	<i>Tareas de flexibilidad cognitiva.....</i>	<i>18</i>
4.2.3.1.	Test de clasificación de cartas de Wisconsin....	18
4.2.3.2.	Trail Making Test A y B.....	19
4.2.3.3.	Tarea de ejecución dual.....	19
4.2.4.	<i>Tarea de toma de decisiones.....</i>	<i>19</i>
4.2.4.1.	Iowa Gambling Task.....	19
4.2.5.	<i>Tareas de planificación.....</i>	<i>20</i>
4.2.5.1.	Torre de Hanoi.....	20
4.2.5.2.	Six Elements Test (SET).....	20
4.2.5.3.	Jansai-Agnew-Akesson-Murphy Task (JAAM Test).....	21
4.2.5.4.	Ice Cream Seller Test.....	21
4.2.6.	<i>Tarea de regulación del comportamiento social.....</i>	<i>22</i>
4.2.6.1.	Faux Pas Task.....	22

5. Conclusiones.....págs. 22-25

6. Referencias bibliográficas.....págs. 25-28

1. Introducción.

En las últimas décadas, el estudio de las funciones ejecutivas ha adquirido una gran relevancia dentro del ámbito de la Neurociencia Cognitiva. Gracias a la formulación de las primeras aproximaciones sobre dicho constructo, y debido a la importancia e implicación de estos procesos en la vida cotidiana de los seres humanos, se han ido desarrollando en las últimas décadas un amplio abanico de investigaciones que arrojen luz sobre las características de las funciones ejecutivas, así como de otros factores inherentes a este concepto, como las regiones cerebrales implicadas en la emergencia de las denominadas “operaciones de alto nivel” o las alteraciones asociadas que pueden encontrarse en pacientes con daño cerebral adquirido.

1.1. Conceptualización teórica de las funciones ejecutivas.

A raíz del establecimiento de las primeras bases teóricas sobre las funciones ejecutivas, a lo largo de estos últimos años han ido surgiendo numerosas definiciones que conceptualizan la gran variedad de procesos que se engloban bajo este término. La primera aproximación que se realiza sobre este concepto queda establecida por Luria en 1973, el cual define las funciones ejecutivas como aquellos procesos que intervienen en la asociación de ideas, generación de movimiento y de acciones simples, orientados a la resolución de conductas complejas (Tirapu-Ustárroz, Muñoz-Céspedes & Pelegrín-Valero, 2002). Estos procesos son considerados por el autor como fundamentales en la regulación de la conducta, planificación de planes de acción o formulación de metas, entre otras. Posteriormente, se establece la primera definición formal de las funciones ejecutivas, formulada por Muriel Lezak en el año 1982, la cual se refiere a estas como las habilidades requeridas para manifestar una conducta creativa, eficaz y que se adapte a las necesidades sociales del entorno (Climent-Martínez et al., 2014).

Otros autores que han profundizado en el estudio de las funciones ejecutivas son Sholberg y Mateer, los cuales, en 1994, consideran que este concepto abarca toda una serie de procesos cognitivos entre los que se incluyen la elección de los objetivos, anticipación, planificación y selección de la conducta, formulación de la intención, y creación de un plan de acción, entre otros (Tirapu-Ustárroz, Muñoz-Céspedes & Pelegrín-Valero, 2002). En la misma línea de trabajo, Gilbert & Burgess en 2008, definen estas como el conjunto de habilidades necesarias para generar, supervisar, ejecutar, regular y reajustar las conductas orientadas a la consecución de una meta de

carácter novedoso. Por otro lado, uno de los autores más reconocidos dentro del estudio de este concepto es Joaquín Fuster, el cual, entre los años 1980 y 1989, publicó su teoría sobre la estructuración temporal de la conducta, planteando que las funciones ejecutivas son aquellos procesos cognitivos que permiten organizar y secuenciar el conjunto de acciones que se encuentran dirigidas a la consecución de un objetivo (Delgado-Mejía & Etchepareborda, 2013).

Pese a la existencia de una gran diversidad de definiciones realizadas sobre dicho concepto, los procesos y habilidades citados por los diferentes autores son semejantes, siendo estas consideradas fundamentales para una correcta adaptación de la persona a su ambiente. Por ello, a modo de resumen entre las diferentes definiciones encontradas, el “funcionamiento ejecutivo” hace referencia a aquellos mecanismos que se encuentran implicados en conseguir un mayor rendimiento y optimización de los procesos cognitivos con el fin de orientarlo a la resolución de situaciones complejas y novedosas (Tirapu-Ustárrroz & Luna-Lario, 2012).

Aunque en la actualidad uno de los objetivos principales en el estudio de las funciones ejecutivas es formular una definición integradora sobre los procesos implicados, es frecuente encontrar en la literatura científica diversidad de criterios de clasificación (Verdejo-García & Bechara, 2010). Una clasificación que se realiza sobre este concepto depende de la naturaleza del objetivo que se aborde, pudiendo ser de carácter cognitivo, social o emocional (Barkley, 2001). Otro intento que muestra los diferentes intentos de organización funcional consiste en la agrupación de las funciones ejecutivas en dos clases, denominadas “cálidas” o “frías”, dependiendo del grado de implicación o no del procesamiento emocional, según la clasificación establecida por Chan, Shum, Toulopoulou & Chen en 2007. Por otro lado, en 2004, los autores Huettel, Misiuerek, Jurkowsky y Mc-Carthy las clasifican en funciones “estratégicas” o “dinámicas”, usando como criterio principal el grado de iniciación de una conducta y la flexibilidad del comportamiento (Marino & Julián, 2010).

Es por esto que, en la actualidad, el concepto de “funciones ejecutivas” se encuentra en un debate abierto entre los diversos especialistas debido a la dificultad que entraña este constructo. Debido a esto, Huizinga, Dolan & Van der Molen, en 2006, denominan a las funciones ejecutivas como un concepto “paraguas”, por el amplio espectro de funciones que incluye y las diferencias que se pueden encontrar en las

distintas definiciones formuladas. Así mismo, existe actualmente una cuestión fundamental alrededor de este concepto relacionada con el grado de solapamiento existente entre las funciones ejecutivas y otros procesos cognitivos, como por ejemplo la memoria o la atención (Verdejo-García & Bechara, 2010). Por ello, las funciones ejecutivas se han incluido dentro de un sistema heteromodal y multimodal de procesamiento, codificación y manipulación de información orientado a la solución de problemas, el cual posee relaciones bidireccionales con otras funciones cerebrales, influyéndose entre sí de forma recíproca (Tirapu-Ustárrroz & Luna-Lario, 2012).

A su vez, un aspecto inherente al estudio de las funciones ejecutivas es el hecho de la complejidad particular de su propia definición, puesto que la determinación de las características implica generar largas listas de funciones, difundiendo los límites propios del concepto (Marino & Julián, 2010). Debido a estos aspectos, a día de hoy el concepto de “funciones ejecutivas” sigue siendo un interrogante dentro de la literatura neuropsicológica. Por ello, se ha hecho necesaria la formulación de una definición integradora de todos los procesos y mecanismos que dicho constructo entraña, con el fin de establecer unas bases teóricas sólidas sobre las que se sustenten futuras investigaciones, y se logre consensuar las distintas posturas desiguales de los especialistas de dicho campo de trabajo.

1.2. Neuropsicología de las funciones ejecutivas y daño cerebral adquirido.

En la actualidad, la estructura neuroanatómica que se relaciona de manera predominante con las funciones ejecutivas es el lóbulo frontal, más concretamente el córtex prefrontal. Una de las primeras investigaciones, y de las más reconocidas dentro de la Neuropsicología, es el estudio de caso del paciente Phineas Gage por parte del Dr. Harlow (Barroso- Martín & León-Carrión, 2002). Dicho paciente sufrió una lesión en la región frontal de su cerebro debido al impacto de una barra de hierro lanzada por una explosión. Tras realizar una valoración neuropsicológica para comprobar los daños provocados por la lesión, los investigadores encontraron pautas de comportamiento no existentes previo al accidente, como cambios en la personalidad, conductas desinhibidas, dificultad de control de impulsos o falta de responsabilidad ante la toma de decisiones (Jódar-Vicente, 2004).

A raíz de este hecho, de gran relevancia científica, los resultados encontrados en diferentes estudios realizados a pacientes con daño cerebral adquirido en la corteza

prefrontal han verificado la relación existente entre dicha región cerebral y funcionamiento ejecutivo. Investigaciones más recientes, como por ejemplo la realizada por Ernst (2002) y su equipo de colaboradores mediante estudios de tomografía por emisión de positrones, han verificado la activación de distintas subregiones de esta estructura cerebral en la realización de diferentes tareas (Martínez, Sánchez, Bechara & Román, 2006). Así mismo, estudios realizados en animales de experimentación confirman dicha hipótesis, donde se ha podido comprobar, por ejemplo, que las lesiones en el córtex cingular produce alteraciones en la capacidad para modular las emociones, el daño en las áreas mediales y orbitales del córtex prefrontal puede acarrear errores en la inhibición de estímulos y desarrollo de conductas impulsivas, y la lesión en la corteza dorsolateral refleja alteraciones en la planificación y organización de la información, entre otras. (Jódar-Vicente, 2004).

Aunque la corteza prefrontal sea considerada por excelencia “el centro de trabajo” de las funciones ejecutivas, para la correcta realización de las tareas en la que se encuentran implicados dichos procesos es necesario la participación de otros sistemas dinámicos, como por ejemplo el hipocampo o el sistema límbico, entre otras. Así mismo, autores como Tirapu & Luna (2012) lo han considerado como un “área de asociación heteromodal, interconectada con una red distribuida de regiones corticales y subcorticales” (p. 222). Por todo ello, dicha estructura representa por sí misma un sistema neurológico muy complejo, debido a la multitud de interconexiones que presenta con diferentes áreas cerebrales (Verdejo-García & Bechara, 2010).

Referente a un punto de vista neuroanatómico, se han realizado diversas clasificaciones sobre los circuitos que forman la corteza prefrontal. En la actualidad, la más utilizada es la que divide dicha área cerebral en tres subregiones, ampliamente conectadas entre sí y con otras estructuras subcorticales: *córtex dorsolateral*, *córtex orbitofrontal* y *córtex medial* (Torralva & Manes, 2001). Gracias a la localización de las estructuras de las que emerge el funcionamiento ejecutivo, se han podido establecer diferentes síntomas clínicos de índole emocional, cognitiva y conductual asociado a dichos circuitos, los cuales pueden ocasionar grandes dificultades en la adaptación del paciente a su entorno.

Córtex dorsolateral y síndrome prefrontal dorsolateral.

Esta subregión de la corteza se encarga, de manera principal, de la integración de toda la información procedente de las conexiones que establece con diferentes áreas cerebrales. Las principales tareas que se asocian a dicha estructura son totalmente “cognitivas”, es decir, son aquellas actividades que no implican procesamiento emocional (Tirapu-Ustárrroz, Muñoz-Céspedes & Pelegrín-Valero, 2012). La corteza prefrontal dorsolateral es la estructura encargada de llevar a cabo la integración de los estímulos percibidos, realización de planes de acción, secuenciación de conductas, planificación de la acción, flexibilidad cognitiva o manipulación de la información. (Lopera, 2008).

El conjunto de alteraciones producidas por una lesión en la corteza prefrontal dorsolateral se engloban bajo el denominado “síndrome disejecutivo” (Bausela & Santos, 2006). Las manifestaciones clínicas que se pueden observar en estos pacientes son muy variadas, como un alto grado de desorganización y desincronización, presentación de rigidez cognitiva o dificultad de adaptación a situaciones novedosas (Delgado-Mejía & Etchepareborda, 2013). Sin embargo, la característica principal de este síndrome es la falta de iniciativa y la imposibilidad de acabar una tarea concreta.

Córtex orbital y síndrome prefrontal orbitofrontal.

La principal tarea que se asocia con dicha región cortical es el control inhibitorio, es decir, la supresión de los inputs internos y externos que puedan dar una interferencia en la conducta, lenguaje o cognición, con el fin de eliminar aquellos estímulos que se presentan como irrelevantes para llevar a cabo la consecución de una meta (Jódar-Vicente, 2004). Así mismo, dicho circuito se encuentra implicado en la iniciación de conductas sociales. Por ello, este control inhibitorio es fundamental para conseguir una adecuada adaptación al ambiente, tanto de carácter conductual, social y emocional.

El síndrome prefrontal orbitofrontal se caracteriza por la aparición de conductas desinhibidas, alta tasa de impulsividad, incapacidad de supresión de respuestas desadaptativas o déficit en el control de impulsos (Lopera, 2008). Por otro lado, los pacientes con este tipo de afectación pueden presentar cuadros de hiperactividad, déficit

en la dirección de la conducta y nula expresión de preocupación por las convicciones sociales y las consecuencias (Delgado-Mejía & Etchepareborda, 2013).

Córtex cingular anterior y síndrome prefrontal del cíngulo anterior.

Esta zona de la corteza prefrontal se ha relacionado, principalmente, con la dirección de la motivación y la emoción a determinados objetivos. Esto es debido a que en esta área se integra la información proveniente del sistema límbico, por lo que una tarea fundamental que se asocia a la corteza cingular es la modulación de la intensidad de las emociones dependiendo del significado contextual que posea un estímulo (Jódar-Vicente, 2004). De la misma manera, dicha estructura cerebral se encarga de mediar la focalización de la atención hacia un objetivo concreto, así como de monitorear las conductas a realizar y su consiguiente corrección de errores para una mayor adaptación al medio (Torralva & Manes, 2001).

El síndrome prefrontal del cíngulo anterior también es denominado dentro de la literatura neuropsicológica como “síndrome pseudodepresivo”. Dicha denominación es debida a la similitud que presenta este tipo de pacientes con aquellos que padecen depresión. Sin embargo, la característica diferencial es que, mientras que los sujetos que padecen depresión se caracterizan por sentimientos de culpa, desasosiego o intranquilidad, las personas con una lesión en la corteza cingular anterior se caracterizan por una total indiferencia antes las situaciones que se le presentan, falta de iniciativa, o desmotivación (Bembibre & Arndedo, 2012).

Sin embargo, estos no son los únicos síndromes que se relacionan con la afectación de la corteza prefrontal. Por ejemplo, estudios realizados con técnicas de neuroimagen han puesto de manifiesto la correlación entre la atrofia de la corteza orbitofrontal y la aparición de sintomatología negativa en la esquizofrenia (Torralva & Manes, 2001). Por otro lado, trastornos clínicos como depresión mayor, el síndrome de Gilles de la Tourette y el TDAH están relacionados con la afectación de las conexiones de la corteza prefrontal a otras regiones subcorticales.

Debido a diferentes características, como la localización de la lesión, la extensión de la misma, y el grado de afectación de las diferentes estructuras participantes, las manifestaciones clínicas encontradas no son completamente rígidas, sino que pueden encontrarse diferencias individuales debido al gran repertorio existente

de funciones ejecutivas y la implicación que tienen en el gran abanico de situaciones cotidianas.

2. Objetivos.

A través del presente artículo de revisión bibliográfica y actualización teórica se pretende recoger y plasmar información referente a dos objetivos principales: por un lado, realizar una clasificación de los nuevos modelos de funciones ejecutivas surgidos en los últimos treinta años, así como el estudio y actualización del desarrollo de las nuevas técnicas de evaluación neuropsicológica de funciones ejecutivas administradas a pacientes con daño cerebral adquirido.

3. Metodología.

Para la presente revisión bibliográfica se realizó una búsqueda exhaustiva a través de las siguientes bases de datos: Psycarticles, PSICODOC, ScienceDirect Journals, PubMed y Medline. Las palabras claves utilizadas para filtrar la información fueron las siguientes: neuropsicología, evaluación neuropsicológica, técnicas de evaluación, funciones ejecutivas, daño cerebral, modelos ejecutivos. Por otro lado, el rango de fechas de las investigaciones desde 1982 hasta 2014. Por último, tras la selección de la información, se procedió con la lectura crítica de los documentos, desarrollo de lluvia de ideas del tema, realización de resúmenes, estructuración de la revisión bibliográfica, así como determinadas tutorías con la tutora para desarrollar y completar dicho proyecto.

4. Desarrollo.

4.1. Modelos teóricos sobre funciones ejecutivas.

Debido a la reciente eclosión de las investigaciones relacionadas con las funciones ejecutivas, a lo largo de las décadas han ido surgiendo diferentes modelos explicativos de funcionamiento ejecutivo. Los modelos que se van a exponer a continuación han sido elegidos utilizando como criterio la importancia que se le ha ido otorgando a estos a lo largo de las diferentes investigaciones realizadas. Sin embargo, estas no son las únicas teorías existentes en la literatura neuropsicológica, pudiéndose encontrar de esta manera gran cantidad de modelos explicativos de funcionamiento ejecutivo.

4.1.1. Modelo de memoria de trabajo.

En la actualidad, algunos de los modelos que gozan de gran relevancia dentro del campo de las funciones ejecutivas son aquellos que relacionan estos procesos con la memoria de trabajo. En la actualidad, el más reconocido y consensuado por parte de la comunidad científica es el que propusieron Baddeley & Hitch en 1974 (Tirapu-Ustárroz, Muñoz-Céspedes & Pelegrín-Valero, 2002).

Estos autores reconceptualizaron el término de memoria de trabajo, quedando definido este concepto como un sistema que mantiene y manipula de forma temporal la información necesaria para la realización de las tareas complejas, interviniendo este en diferentes procesos cognitivos, como por ejemplo el pensamiento (Musso, 2009). La teoría de Baddeley & Hitch (1974) se basa en la existencia de tres componentes que conforman la memoria de trabajo: *agenda visuoespacial*, *bucle fonológico* y *sistema ejecutivo central*. Dentro de este modelo, el Sistema Ejecutivo Central (SEC) juega un papel modulador principal de coordinación y supervisión de los otros subsistemas de la memoria de trabajo. Posteriormente, en el año 2000, el propio Baddeley realizó una revisión de este modelo, planteando la existencia de un nuevo componente, el *almacén episódico* (Tirapu-Ustárroz et al., 2012).

El *bucle fonológico* actúa a modo de un almacén provisional de información. La activación de dicho componente permite almacenar durante un tiempo determinado el lenguaje subvocal, es decir, aquella información compuesta por material verbal. Este subsistema permite mantener el “habla interna” que se encuentra asociada a la memoria de trabajo, siendo este asistido por un proceso de repaso articulatorio que evite el decaimiento de la información (Tirapu-Ustárroz & Muñoz-Céspedes, 2005). Por otro lado, la *agenda visuoespacial* es el componente encargado de mantener y manipular la información que viene representada en forma de imágenes visuales. El *almacén episódico* es el subsistema encargado de almacenar de forma limitada la información multimodal procedente de la agenda visuoespacial y del bucle fonológico. Por último, el *sistema ejecutivo central* es aquel que se encarga de forma primordial de controlar, coordinar y supervisar las distintas actividades llevadas a cabo por el sistema cognitivo (Musso, 2008). Sin embargo, según Tirapu & colaboradores (2002), el SEC es considerado por estos como un sistema de control atencional, el cual opera a través del

control y la selección de adecuadas estrategias que intervienen en la realización de las tareas cognitivas asociadas a la memoria de trabajo.

Cuando el sistema sensorial percibe el estímulo, la información sobre este se transfiere a la memoria de trabajo. Este sistema nos permite mantener la información de manera limitada, tanto de forma verbal, fonológica y espacial. A su vez, las conexiones que establece la memoria de trabajo con la memoria a largo plazo permite recuperar las representaciones que se encuentran almacenadas en este “almacén a largo plazo” (Abad et al., 2011). Esta información almacenada en la memoria de trabajo permite la manipulación de la información dirigida a la resolución de problemas y consecución de objetivos.

4.1.2. Modelo de Sistema Atencional Superior.

En la década de los ochenta, más concretamente en 1986, los autores Don Norman & Tim Shallice formularon un modelo de atención relacionado con la acción y consecución de objetivos.

El modelo de sistema atencional supervisor está compuesto de cuatro componentes principales: las *unidades cognitivas*, definidas como funciones que se asocian a estructuras anatómicas concretas; *esquemas*, los cuales son comportamientos automáticos y aprendidos debido a la experiencia y se encuentran dirigidos a un objetivo; el *dirimidor de conflictos (DC)*, es el encargado de realizar una evaluación de las acciones y el consiguiente ajuste del comportamiento, y el propio *sistema atencional supervisor (SAS)*, el cual es el sistema superior encargado de coordinar y controlar el dirimidor de conflictos. (Tirapu-Ustárriz et al., 2012)

Según estos autores, uno de los postulados fundamentales es la distinción entre dos tipos de respuesta: *respuesta automática* y *respuesta seleccionada*. Las respuestas automáticas son aquellos comportamientos que se realizan de manera rutinaria, y la consiguiente regulación de la conducta se lleva a cabo gracias a la actuación del conjunto de esquemas que posee la persona y se encuentran predispuestos para la aparición de las circunstancias que generen su activación (Kluwe-Schiavon, Wendt & Grassi-Oliveira, 2012). Sin embargo, en determinadas ocasiones, la respuesta automática no es adaptativa a la situación existente, por lo que el dirimidor de conflictos entra en acción con el fin de seleccionar aquellas respuestas sobreaprendidas que se

adecuen al contexto, mientras que se inhiben aquellos comportamientos que puedan interferir en la consecución de una meta.

Por otro lado, cuando las situaciones presentan una alta complejidad, o los esquemas que se poseen no son suficientes para resolver un problema, el sistema atencional supervisor propicia la elaboración de nuevas respuestas de forma consciente y voluntaria, generando nuevas posibilidades de respuesta (Jurado & Roselli, 2007). Así mismo, en la actualidad, Tirapu y colaboradores (2012) han indicado ocho procesos en los cuales interviene dicho sistema modulador, como por ejemplo el rechazo de esquemas que no son adecuados, establecimiento de metas o monitorización de la información, entre otros.

4.1.3. Modelo de jerarquización de las FE.

Donald Stuss & Frank Benson propusieron un modelo jerarquizado de las funciones ejecutivas en la década de los 80. Según esta teoría, el encargado de realizar un control supramodal y heteromodal de las funciones mentales básicas, como por ejemplo atención, lenguaje, conducta motora, percepción o vigilia entre otras, es el córtex prefrontal. Dicho control se realiza a través de las funciones ejecutivas, como anticipación, selección de objetivos, planificación y monitorización, las cuales se encuentran estructuradas de manera jerarquizada, aunque estas mantienen entre sí relaciones interactivas y bidireccionales (Tirapu-Ustárrroz et al.,2012).

Gráficamente, dicho esquema se representa a modo piramidal encontrándose tres niveles principales: en un *primer nivel*, en la cúspide, se encuentra la autoconciencia, “integrada” en el córtex prefrontal y definida como el conjunto de experiencias subjetivas que guían la actividad mental, toma de decisiones y resolución de problemas. En el *segundo nivel* se enmarcan las funciones ejecutivas comentadas anteriormente (planificación, selección de objetivos formulación y planificación de soluciones), y un *tercer nivel*, la base, que engloba, por un lado, la capacidad de iniciar y mantener una actividad motora, el denominado impulso o “drive” y la habilidad o capacidad de mantener secuencias coherentes de información y percibir el orden temporal de los acontecimientos (Stelzer, Mazzoni & Cervigni, 2014).

Posteriormente, en el año 1992, Stuss redefinió su modelo de funcionamiento ejecutivo, manteniendo la premisa de que las funciones ejecutivas se encuentran de

manera jerarquizada, estableciéndose relaciones entre estas (Jurado & Rosselli, 2007). De esta manera, cada nivel del “esquema piramidal” estaría compuesto por un conjunto de subsistemas que utilizan tres mecanismos de control: *entrada de información*, dependiente del nivel de representación de la información, *sistema comparador*, el cual se encarga de analizar la información presentada en base a las experiencias pasadas del sujeto, y un *sistema de salida*, que traduce los resultados obtenidos de la evaluación de la situación y pone en marcha los mecanismos necesarios para la realización de una acción (Tirapu-Ustárrroz et al., 2012).

El escalafón inferior de la pirámide corresponde al análisis perceptual y sensorial del estímulo. Las respuestas que nacen tras la evaluación del estímulo son tanto simples como complejas, sin embargo, son conductas automáticas y rápidas en las que no intervienen las diferentes regiones del córtex prefrontal (Tirapu-Ustárrroz, Muñoz-Céspedes & Pelegrín-Valero, 2002). Las funciones ejecutivas se encuentran asociadas al nivel intermedio de la pirámide, y su emergencia es debida gracias a la activación de la corteza prefrontal junto con las conexiones que establece con áreas adyacentes, como el sistema límbico y el cerebro anterior. Las respuestas promovidas por dicho sistema son de carácter novedoso, precisando de esta manera un alto grado de deliberación y control. Por último, en el nivel superior se encuentra la denominada “autoconciencia”, es decir, la capacidad del ser humano de ser consciente de uno mismo, así como de reflejar los propios pensamientos y realizar acciones congruentes con sus propios principios (Tirapu-Ustárrroz et al., 2012). Dichos subsistemas de la pirámide se encuentran interrelacionados y facilitan la anticipación, planificación y realización de la acción orientada a un objetivo.

4.1.4. Hipótesis del marcador somático.

El objetivo principal de este modelo, postulado por Antonio Damasio en 1994 (Tirapu-Ustárrroz & Luna-Lario, 2012) es la demostración de la implicación de las emociones en la toma de decisiones y el razonamiento, estando propiciada su formulación por los estudios y observaciones clínicas en pacientes con lesiones frontales.

Dicho autor enuncia la hipótesis de que la corteza prefrontal ventromedial es la encargada de orientar al individuo en el proceso de toma de decisiones a través de la recepción de información emocional que informa de las consecuencias de una acción

(Márquez, Salguero, Paíno & Alameda, 2013). Un estudio de gran reconocimiento en la actualidad que avala dicho enunciado fue el realizado por el grupo de investigación de la Universidad de Iowa. Para esta investigación, se administró a pacientes con daño neurológico en el córtex prefrontal ventromedial una prueba neuropsicológica desarrollada por dicho equipo, “Gambling Task”. Como resultado, se encontraron diferencias en la respuesta a las tareas y toma de decisiones en comparación con un grupo de control sano. (Verdejo, Aguilar de Arcos & Pérez, 2004) .A pesar de la preservación del funcionamiento intelectual que se encuentra en este tipo de pacientes, las dificultades y obstáculos que se le presentan en la vida diaria son obvias, afectando de manera principal al dominio social y personal (Tirapu-Ustárroz & Luna-Lario, 2012).

El concepto “marcador somático” hace referencia a aquel cambio corporal debido a la influencia de un estado emocional, positivo o negativo, que afecta al proceso de toma de decisiones. De esta manera, determinadas respuestas están guiadas debido a la aparición de reacciones emocionales originadas en aprendizajes adquiridos previamente. En resumen, el marcador somático agiliza y facilita el proceso de toma de decisiones (García, 2012).

El planteamiento del marcador somático parte de cuatro premisas fundamentales (Tirapu-Ustárroz & Luna-Lario, 2012): *el razonamiento humano y la toma de decisiones* depende de operaciones realizadas en múltiples niveles, más concretamente en zonas corticales; *las operaciones mentales* dependen y se encuentran influidas por procesos cognitivos, como atención y memoria; *la toma de decisiones y el razonamiento* dependen de un conocimiento de las situaciones y alternativas de respuesta adquirido previamente y *el conocimiento* se clasifica en innato y adquirido y es la unión de ambos la que forma nuestra capacidad de raciocinio.

Ante una situación en la que se hace necesaria tomar una decisión, se activan mecanismos que nos indican los conocimientos que se poseen sobre la situación, las alternativas de respuesta posibles, así como las consecuencias a corto y largo plazo (García, 2012) Una vez que el marcador somático se activa, actúa como un sistema de alarma que, en primer lugar, nos induce sentimientos tanto de carácter negativo o positivo dependiendo de las experiencia pasadas, y en segundo lugar, nos muestra los aspectos adecuados e inadecuados de una decisión, así como las ventajas y desventajas

de las posibles alternativas y guiando el proceso de toma de decisiones hacia una de las opciones posibles (Márquez, Salguero, Paíno & Alameda, 2013).

4.1.5. Modelo factorial de las FE.

Con el fin de establecer aquellos componentes que conforman el concepto de funciones ejecutivas, Miyake y colaboradores han formulado un modelo basado en métodos estadísticos, más concretamente basado en el análisis factorial (Tirapu-Ustárrroz et al., 2012).

A través del estudio de pacientes con daño en el lóbulo frontal mediante la aplicación de diversas técnicas de evaluación neuropsicológicas, estos autores han realizado una clasificación sobre tres funciones ejecutivas que se encuentran claramente diferenciadas: *actualización* o “*updating*”, *inhibición* y *alternancia* o “*shifting*”. Según dichos autores, estas funciones son distinguibles entre sí, aunque se encuentran correlacionadas (Jurado & Rosselli, 2007).

La *actualización* es fundamental para la monitorización, manipulación y actualización de la información de las representaciones mentales, por lo que la memoria de trabajo es un concepto que se encuentra estrechamente relacionado con esta función. Bajo este concepto se engloban las tareas de recepción y codificación de la información, reconocimiento y selección de aquellos estímulos relevantes frente aquellos que son inadecuados para la realización de una respuesta (Miyake et al., 2000). Por otro lado, la *inhibición* es la capacidad para eliminar de forma controlada la generación de interferencias y respuestas de carácter automático cuando la situación lo demanda, con el fin de lograr una correcta adaptación al medio. Por último, la *alternancia* es la habilidad para cambiar de forma flexible entre las distintas operaciones mentales o esquemas dependiendo de la tarea a realizar.

Estos componentes no operan de forma aislada. De esta forma, para la realización de una tarea que se adapte de forma adecuada a la situación es necesaria la activación de los tres mecanismos de control ejecutivo. Así, cuando se procede a la consecución de un objetivo, la información se mantiene activa para poder ser manipulada, organizada y proyectada a la realización de una tarea, mientras que se inhiben aquellas conductas que puedan interferir en dicho proceso. Por otro lado, dependiendo de las tareas a realizar, se pondrán en marcha diferentes mecanismos de

cambio que nos permitan dar solución a aquellos obstáculos que se presenten en todo el desarrollo de realización de un plan de acción.

4.1.6. Modelo integrador de las FE.

Con el fin de elaborar un modelo que integrase los diferentes componentes de los subsistemas implicados en el funcionamiento ejecutivo, Tirapu y colaboradores formularon un modelo integrador de las funciones ejecutivas que aúnan las principales aportaciones de diferentes teorías explicativas de este concepto: modelo de memoria de trabajo de Baddeley y Hitch (1974), la teoría de jerarquización de las funciones ejecutivas de Stuss y Benson (1986), el Sistema Atencional Supervisor de Norman y Shallice (1986) y la hipótesis del marcador somático de Damasio (1994).

Debido a la gran cantidad de conocimiento sobre las funciones ejecutivas, así como el reciente desarrollo de nuevos modelos, en determinadas ocasiones dos profesionales pueden estar haciendo referencia al mismo término, sin embargo, dependiendo del punto de vista elegido para su estudio, se centrarán en aspectos diferentes. Por ello, Tirapu y colaboradores marcan la necesidad de formular una hipótesis que aúna las evidencias recogidas en las investigaciones con el fin de interpretar los resultados bajo una teoría global y de amplio consenso (Tirapu-Ustárroz, Muñoz-Céspedes & Pelegrín-Valero, 2002).

El primer componente de este modelo es el sistema perceptual y sensorial. Si el estímulo interpretado es reconocido como familiar en la memoria a largo plazo, las respuestas simples y complejas que efectúa son conductas que ya han sido adquiridas, por lo tanto son de carácter automático (Tirapu-Ustárroz et al., 2012). Estas acciones automáticas son previamente valoradas por el dirimidor de conflictos, realizando su tarea gracias a la implicación de la agenda visuoespacial, que mantiene y manipula la información espacial y visual procedente del contexto, y la activación del bucle fonológico, propiciando el mantenimiento y recuerdo de la información verbal durante un período de tiempo para la consiguiente realización de la acción (Tirapu-Ustárroz et al., 2012). Debido a que las conductas a realizar se encuentran sobreaprendidas, no se produce la activación del marcador somático, puesto que este actúa bajo lo que los autores han denominado “bucle como si”, puesto el cuerpo ya se encuentra activado o modificado, “como si” se encontrase en un determinado estado emocional.

Por otro lado, cuando la situación es reconocida como novedosa, se activan los procesos de selección de objetivos, planificación y control, por lo que los módulos principales de actuación son la memoria de trabajo y el Sistema Atencional Supervisor, siendo el marcador somático el responsable de forzar la atención hacia las consecuencias posibles que puede tener la realización de una acción determinada. El marcador somático resalta una posibilidad entre todas las alternativas existentes, y facilita a la memoria de trabajo la realización de los siguientes procesos de planificación, selección y control. Posteriormente, el sistema efector se encarga de la realización de las conductas motoras que se orienten hacia el logro de una respuesta deseada (Tirapu-Ustárrroz & Luna-Lario., 2012).

4.1.7. Modelo del sistema ejecutivo dual.

La idea de la implicación de los aspectos emocionales en las funciones ejecutivas ha ido introduciéndose en las diversas investigaciones a lo largo de las décadas. Las primeras evidencias de la existencia de un sistema ejecutivo dual surgen con el estudio del famoso caso de Phineas Gage por parte del Dr. Harlow en 1868 (García, 2012). Este paciente, el cual en un accidente laboral le atravesó una barra metálica por el lóbulo frontal, no solo presentaba síntomas de deterioro cognitivo, si no que también reflejaba alteraciones de carácter afectivo.

Esta nueva aproximación de estudio de las funciones ejecutivas implica la existencia de dos procesos diferenciales: *los procesos cognitivos o funciones ejecutivas frías*, en los que se incluye la formación de conceptos, inhibición de impulsos, flexibilidad cognitiva o selección de estímulos entre otros, y *los procesos emocionales y motivacionales o funciones ejecutivas calientes*, los cuales hacen referencia principalmente a la toma de decisiones que posean un significado emocional y la autorregulación del comportamiento social (García, 2012). Así mismo, desde un punto de vista neuroanatómico, las funciones ejecutivas “frías” se relacionan con la activación de la corteza prefrontal dorsolateral, mientras que las funciones ejecutivas “calientes” se encuentran asociadas con la corteza prefrontal ventromedial (Zelazo & Cunningham, 2006).

Para estos autores, el funcionamiento óptimo del sistema ejecutivo dual influye de forma directa en la regulación y realización de conductas orientadas a una meta. De hecho, ambos sistemas de funcionamiento ejecutivo se encuentran interrelacionados,

siendo necesaria la colaboración conjunta de estos para la correcta articulación del sistema dual. Así pues, el sistema de funciones ejecutivas calientes le proporciona al sistema “frío” las reacciones fisiológicas necesarias que le ayuden a predecir las ventajas y desventajas que supone la realización de una acción concreta, así como el sistema de funciones ejecutivas frías influye en el sistema ejecutivo “caliente” en la resolución de situaciones enmarcadas en un contexto determinado, sin sesgos emocionales que puedan distorsionar la generación de respuestas (García, 2012).

4.2. Técnicas de evaluación neuropsicológica de las funciones ejecutivas.

En la actualidad, es común encontrar dificultades para realizar una adecuada conceptualización de las funciones ejecutivas, en parte basado en motivos metodológicos a los instrumentos creados. Por ello, la evaluación de estas se plantea una tarea de alta complejidad, debido a que en determinadas ocasiones los resultados obtenidos en las pruebas neuropsicológicas no poseen una relación directa con las denominadas funciones ejecutivas (Slachevsky et al., 2005). Este obstáculo, unido a otras dificultades, como por ejemplo, la gran variedad de síntomas relacionados con lesiones en el córtex prefrontal nos alertan de la especial atención a la hora de seleccionar correctamente las pruebas que se deben administrar para realizar una evaluación completa de las funciones ejecutivas.

Sin embargo, pese a las dificultades encontradas en el proceso de evaluación de las funciones ejecutivas, se han desarrollado a lo largo de las décadas diversas pruebas de carácter estandarizado, cuya aplicación ha generado gran cantidad de resultados esclarecedores. Las pruebas que se presentan a continuación permiten evaluar los siguientes componentes ejecutivos: memoria de trabajo, inhibición, flexibilidad cognitiva, toma de decisiones, planificación y regulación del comportamiento social.

4.2.1. Tareas de memoria de trabajo.

4.2.1.1. Paradigma Sternberg.

Esta prueba es utilizada comúnmente para evaluar la codificación y el mantenimiento de la información cuando el bucle fonológico y la agenda visuoespacial, es decir, los sistemas esclavos de la memoria de trabajo, se encuentran saturados. Su aplicación consiste en la presentación de un conjunto de entre tres y nueve estímulos durante un intervalo breve de tiempo. Se utiliza este intervalo de estímulos debido a que

a partir de cuatro elementos de información se saturan dichos sistemas esclavos, y se requiere de la puesta en acción del sistema ejecutivo central. Posteriormente, el examinador le presenta un único estímulo para que el sujeto indique si éste se presentó o no en el conjunto previo (Tirapu-Ustárrroz et al., 2012).

4.2.1.2. Subtest de Letras y números de la escala de memoria de Wechsler.

Dicho test se utiliza para estudiar cómo el paciente es capaz de mantener y manipular temporalmente información verbal que se le presenta de forma auditiva. El examinador le pide al paciente, con posterioridad, que repita los números y letras que este le dicta de forma oral, ordenando, en primer lugar, los números en orden ascendente y posteriormente las letras en orden alfabético (Tirapu-Ustárrroz et al., 2012).

4.2.1.3. Tarea n-back.

Esta tarea nos proporciona información sobre la capacidad que posee el paciente para “actualizar” la información en la memoria de trabajo. La finalidad de esta tarea consiste en evaluar si el sujeto es capaz de reconocer un estímulo que ha sido presentado anteriormente, pese a que con posterioridad se le han presentado otros de distinta índole. Para ello, el investigador selecciona, en función de la capacidad del paciente diferentes rangos de dificultad; por ejemplo, en la tarea *1-back* (*baja exigencia*), se le pide al sujeto que decida si la letra que se le presenta coincide con la mostrada anteriormente, *2-back* (*exigencia media*), en la cual se le pregunta al sujeto si la letra presentada coincide con la visualizada dos estímulos anteriormente, o la prueba *3-back* (*exigencia alta*), en la cual el examinador le pide al paciente que reconozca si dicho estímulo coincide con el presentado tres ítems antes, y así hasta completar el mayor número de series posibles (Tirapu-Ustárrroz et al., 2012)

4.2.2. Tareas de inhibición.

4.2.2.1. Tarea Stroop.

Esta prueba fue desarrollada para evaluar la capacidad del paciente para suprimir las respuestas de carácter automático, inhibir las interferencias que aparecen en el transcurso de la realización de un objetivo, así como elegir una respuesta predominante para la consecución de la tarea (Bausela & Santos, 2006). El test consta de tres páginas y cada una de estas incluye 20 ítems. La primera página consta del nombre de diferentes colores, impresos en negro. La segunda página está formada por

columnas de símbolos (XXXX) coloreados de manera aleatoria, y por último, en la última página se encuentran escritos los nombres de los colores y cada uno de ellos aparece coloreado con un tono diferente a el nombre que hace referencia. A modo de entrenamiento, se contabiliza el tiempo que tarda el sujeto en nombrar las palabras de la primera página y los colores de la segunda página, y a modo de evaluación, en la tercera página el paciente debe nombrar la palabra que esté reflejada en el documento, inhibiendo la respuesta automática de enunciar el color (Tirapu-Ustárróz et al., 2012).

4.2.2.2. Tarea go/no go.

Dicha tarea está relacionada con la inhibición de las funciones motoras. Para la realización de esta prueba, el investigador le pide al paciente que realice un acto, por ejemplo levantar el dedo, cuando ocurra una circunstancia, es decir, cuando el experimentador levante el puño. En resumen, ante una señal “go” el paciente deberá realizar la acción que se le demanda, mientras que en la señales “no go” deberá inhibir esa misma acción en base al conjunto de estímulos diferentes que se le presentan. La duración de esta tarea oscila entre los 30-60 segundos para la comprobación de la perseverancia de las respuestas del paciente (Tirapu-Ustárróz, Muñoz-Céspedes & Pelegrín-Valero, 2002).

4.2.3. Tareas de flexibilidad cognitiva.

4.2.3.1. Test de clasificación de cartas de Wisconsin.

Mediante la realización de esta prueba se evalúa la capacidad del paciente de alternar diferentes procesos cognitivos para la generación de una respuesta adecuada. El paciente debe descubrir que norma establece el examinador para emparejar unas cartas, divididas en función de la forma, color y número. Para ello, se colocan cuatro cartas frente al sujeto de forma alineada, y, posteriormente, se le entregan dos barajas idénticas con 64 cartas. El experimentador le pide al paciente que empareje cada carta de la baraja con los estímulos clave que se encuentran sobre la mesa. Así mismo, durante todo el proceso, se le proporciona retroalimentación, sin revelar el criterio que se está utilizando. Dicha norma de clasificación cambia cuando el paciente da diez respuestas consecutivas, esperando lograr un cambio de estrategia por parte de la persona que le permita resolver la tarea de manera correcta (Tirapu-Ustárróz et al., 2012).

4.2.3.2. Trail Making Test A y B.

Esta prueba de papel y lápiz fue desarrollada con el fin de evaluar la capacidad que tiene el sujeto de alternar la información que se le presenta para generar una respuesta orientada a un objetivo. Por otro lado, también es usada para evaluar distintos procesos cognitivos, como la velocidad de ubicación espacial, atención, o memoria de trabajo. Este test está formado por un conjunto de 25 círculos distribuidos en una plantilla. De esta forma, dicha prueba queda subdividida en dos partes, denominadas A y B. En la primera parte se le presenta al paciente una lámina y este tiene que trazar líneas entre los diferentes ítems siguiendo un orden de numeración ascendente (1,2,3...). En la segunda parte, los círculos incluyen tanto números como letras, y el sujeto debe, al igual que en la primera parte de la prueba, unir mediante trazos los símbolos en orden ascendente, sin embargo, debe alternar entre los números y las letras, alternando el “set mental” para la correcta realización de la tarea (Tirapu-Ustárróz et al, 2012).

4.2.3.3. Tarea de ejecución dual.

El fin de dicha prueba consiste en evaluar la capacidad del paciente para realizar dos tareas simultáneas y como este es capaz de alternar distintos tipos de información a la vez. A modo de ejemplo, para la ejecución de este test, las tareas elegidas por Tirapu y colaboradores fueron “tarea de dígitos” y un plano con cuadrados donde el objetivo del sujeto era marcar con una “X” lo demandando por el examinador. El examinador le pide al paciente que trace cruces en una serie de cuadrados dibujados en una plantilla, y mientras se ejecuta esta tarea, el investigador va recitando números y el sujeto debe repetirlos posteriormente, a la vez que se realiza la prueba de dígitos. Para la aplicación de esta, con anterioridad la persona deberá haber sido entrenada en ambos tipos de tests para una adecuada desenvolvura en dicha prueba (Tirapu-Ustárróz et al., 2012).

4.2.4. Tarea de toma de decisiones.

4.2.4.1. Iowa Gambling Task.

Esta prueba de evaluación se elaboró con el fin de observar el comportamiento de los pacientes con daño adquirido en el desarrollo de toma de decisiones y como las experiencias subjetivas pueden influir en todo este proceso. Para ello, el paciente recibe 2.000\$ simulados y se les indica que el fin de la prueba es conseguir la mayor cantidad

de dinero posible, e intentar tener perder lo mínimo. Este “juego” consiste en darle la vuelta a unas cartas, sabiendo que el levantamiento de estas generará la ganancia de una cantidad de dinero, pero supondrá la pérdida de parte de este. Para ello, el investigador establece cuatro montones de cartas, A, B, C y D, obteniendo con la elección de los dos primeros una alta cantidad de ganancias, pero pérdidas muy elevadas, mientras que las cartas incluidas en los montones C y D tienen recompensas menores, pero la pérdida de dinero es proporcional a la ganancia que se obtiene. Los resultados que se obtienen tras la corrección de dicha prueba nos muestran un índice de la tendencia de riesgo de los participantes y su relación con el proceso de toma de decisiones. Existe una versión informatizada de esta prueba de evaluación neuropsicológica que permite una corrección más detallada y fiable de las puntuaciones obtenidas (Martínez, Sánchez, Bechara & Román, 2006).

4.2.5. Tareas de planificación.

4.2.5.1. Torre de Hanoi.

Esta prueba evalúa la habilidad del sujeto para organizar un plan de acción para la consecución de una meta. En primer lugar, se le presenta al sujeto cuatro discos, de tamaño decreciente, que se encuentran apilados en una posición, denominada A, de una mesa con tres postes diferentes (A, B y C). El objetivo de dicho test es la colocación de todos los discos en el poste C, de manera que se forme una pirámide y que en las posiciones intermedias no se coloque un disco grande sobre uno pequeño. Además, el paciente debe respetar tres normas básicas: solo se pueden coger los círculos de uno en uno, debiendo colocarlos obligatoriamente en otro poste, el cilindro que se encuentre en la parte superior debe ser siempre más pequeño que el de la parte inferior, y debe realizarse dicha prueba en el menor número de intentos posibles. Así mismo, estas instrucciones no se encuentran de forma redactada, si no que el paciente debe mantenerlas en mente (Bauela & Santos, 2006).

4.2.5.2. Six Elements Test (SET).

El objetivo de esta prueba de papel y lápiz es evaluar como el sujeto planifica y organiza el propio comportamiento para la realización de un objetivo concreto, estando sujeto a limitaciones sujetas a reglas prefijadas y temporales. Dicho test, a su vez, está dividido en tres tareas: contar una historia, resolución de problemas aritméticos y denominación de imágenes. En la realización de este test se evalúan las estrategias

seleccionadas por el paciente y el tiempo dedicado a cada una de las subtarear. Todas las pruebas han sido confeccionadas con el fin de que la duración de esta no supere los diez minutos de aplicación (Bombín-González et al., 2014).

4.2.5.3. Jansari-Agnew-Akesson-Murphy Task (JAAM Test)

Esta prueba se desarrolla en un entorno de realidad virtual, y el objetivo de esta es que el sujeto acate el papel de una persona que trabaja en una oficina y su misión principal es realizar las tareas necesarias para la preparación de una reunión. El JAAM Test evalúa el rendimiento en la planificación, priorización, selección, iniciativa autónoma, pensamiento creativo, pensamiento adaptativo y memoria prospectiva. Para comenzar, se le presenta a los sujetos el escenario donde se va a desarrollar dicha prueba, así como la demostración de cómo se maneja el entorno virtual. Posteriormente, se les facilita a los pacientes una lista con las tareas que deben desempeñar, como por ejemplo preparar los correos necesarios para enviarlos, atender a las personas que asisten a la reunión o disponer del mobiliario necesario para el desarrollo de la reunión. A su vez, durante la realización de la prueba, se le asignan a los sujetos tareas adicionales que requieren variaciones y cambios de estrategia en la tarea que realizan en un determinado momento temporal. La duración de esta prueba es de cuarenta minutos aproximadamente (Bombín-González et al., 2014)

4.2.5.4. Ice Cream Seller Test.

Esta prueba es una herramienta de evaluación multitarea realizada en un entorno de realidad virtual. La tarea del paciente consiste simular el papel de un vendedor de helados. De forma principal, se les entrena a los pacientes con el software informático con el fin de lograr un correcto uso del sistema. El prueba está formada por unas gafas de realidad virtual que le permiten al sujeto observar todo lo que se encuentra a su alrededor, así como un brazo virtual para interactuar con los objetos que se encuentran en la escena.

En el desarrollo de esta prueba, un conjunto de clientes entrarán a la tienda 14 veces en grupos de cuatro personas, y la tarea del sujeto es servir de forma correcta los helados que se le piden, siguiendo, por otro lado, un conjunto de normas establecidas por el jefe de la heladería. Existen dos fases principales, una en la que el paciente debe establecer el orden en que se dan los turnos, así como otra donde se atiende de forma

directa a los clientes. Simultáneamente, el programa de realidad virtual incluye algunos distractores, como por ejemplo cambio de ingredientes de los helados o interferencias a las cuales el paciente no debe prestar atención.

Los índices que miden esta prueba son variados, como planificación, memoria de trabajo, velocidad de procesamiento, atención y flexibilidad cognitiva, donde destacan variables como tiempo de aprendizaje de tareas, tiempo de respuesta, errores y perseveraciones, errores de planificación o respuesta a los distractores, entre otras (Climent-Martínez et al., 2014).

4.2.6. Tarea de regulación del comportamiento social.

4.2.6.1. Faux Pas Task.

Dicha prueba fue realizada por el grupo de Baron-Cohen en 2001, con el fin de evaluar la “sensibilidad social” de los pacientes a los que se le administraba. Dicho concepto se entiende como la capacidad que tiene el sujeto de entender de forma correcta y adecuada los sentimientos y pensamientos del otro y de estar familiarizado con el conocimiento de las normas sociales del contexto en el que se encuentra (Bender et al., 2012). Por ello, el objetivo de esta prueba consiste en la valoración de las habilidades de comprensión de la situación que se le presenta, así como la integridad de la capacidad del paciente de ponerse en el lugar del otro.

En dicho test, los sujetos deben leer en voz alta diez historias que el investigador le presenta, en las cuales los protagonistas de estas “meten la pata” en diferentes situaciones sociales, y por otro lado, diez historias de carácter neutral. Posteriormente, el examinador le realiza una serie de preguntas que se relacionan con el contenido de los relatos expuestos, así como otras preguntas control para eliminar posibles sesgos relacionados con la memoria de trabajo (Tirapu, Pérez, Erekatxo & Pelegrín, 2007).

5. Conclusiones.

El creciente interés en el estudio de las funciones ejecutivas es un hecho en la actualidad, evidenciándose en la existencia de un gran grueso de investigaciones sobre dicho término. Así mismo, gracias a los continuos estudios sobre dicho concepto se ha arrojado luz y se ha conseguido dar respuesta a una gran cantidad de enigmas alrededor de este constructo tan intrincado. Sin embargo, pese a la gran cantidad de aspectos comunes que se encuentran en dichos trabajos, siguen encontrándose inconsistencias y

puntos diferenciales entre los diversos autores especialistas en funciones ejecutivas, considerándose este campo de trabajo como un área en continuo debate abierto. Por ello, la principal consecuencia de dicho obstáculo es la falta de una definición operativa de carácter universal y ampliamente aceptada. Pese a los continuos intentos de unificación sobre este concepto, es usual vislumbrar en las investigaciones discrepancias sobre lo que engloban las llamadas “operaciones de alto nivel”, dificultando de esta manera la tarea de promover y facilitar el consenso y desarrollo de un marco teórico estable que sustente las futuras investigaciones.

Sin embargo, pese a la gran diversidad de posturas conceptuales existentes en la actualidad sobre dicho término, no cabe la menor duda de que el sistema ejecutivo se encuentra relacionado con los procesos de alto nivel, considerándose fundamentales para la realización de tareas que se asocian a una adecuada adaptación del organismo a su contexto. La implicación de estos procesos en las actividades cotidianas de las personas se ha hecho patente en los diversos estudios realizados a pacientes con lesión cerebral. Gracias a estas investigaciones, se ha profundizado en el estudio de las regiones cerebrales necesarias para la emergencia de dichos procesos, así como se han analizado los diferentes obstáculos a los que están expuestas las personas que padecen un daño cerebral adquirido en dichas estructuras. La sintomatología que presentan estos pacientes es muy extensa y variada, pudiendo acarrear grandes consecuencias de carácter cognitivo, conductual e incluso emocionales.

Es por esto que en los últimos treinta años se han ido desarrollando y reformulando diferentes modelos de funcionamiento ejecutivo. Como consecuencia de una falta de consenso del término de funciones ejecutivas, existen en la literatura neuropsicológica multitud de modelos teóricos que intentan explicar la naturaleza de estas, la estrecha relación que mantienen con otros procesos cognitivos, como por ejemplo la atención o la memoria, así como su relevancia e implicación en la vida diaria. Es una tarea ardua recoger todos los modelos elaborados desde el inicio del estudio de funciones ejecutivas hasta la actualidad, sin embargo, el aspecto común de todos ellos es demostrar que los distintos mecanismos que intervienen están orientados, en última instancia, a la consecución de una meta. Por otro lado, los diversos autores que han realizado dichas teorías colocan el acento en diferentes aspectos, como puede ser por ejemplo la atención, memoria, la existencia de un sistema dual de procesamiento

de información o, incluso, generando listas de factores ejecutivos, dotando de esta manera a los modelos de un carácter personal.

Sin embargo, aunque cada uno de estos modelos presente aspectos diferenciales, es posible encontrar grandes similitudes en todos ellos, puesto que, aunque se citen de manera distinta en cada una de las investigaciones, la mayoría de las funciones ejecutivas que han sido propuestas hacen referencia a los mismos procesos. Es por esto que, en la actualidad, uno de los objetivos principales dentro del campo de estudio de las funciones ejecutivas es continuar desarrollando modelos de carácter integrador, con el fin de reorientar el estudio de las funciones ejecutivas dentro de un marco teórico que sea ampliamente aceptado por los especialistas.

Gracias a estos nuevos hallazgos, el desarrollo de técnicas de evaluación neuropsicológica de funciones ejecutivas sigue siendo una tarea de gran relevancia y necesidad en la actualidad. Hoy en día se cuenta con un amplio arsenal de distintas baterías y pruebas de evaluación, siendo estas de distinta índole, encontrándose así pruebas de papel y lápiz, informatizadas y las nuevas desarrolladas en entornos de realidad virtual. Cada uno de estos tipos de pruebas tiene sus ventajas e inconvenientes en su administración, corrección e interpretación, y es por este motivo que se hace compleja, e incluso inconcebible, la valoración de la supremacía de una respecto a otra. Además, en determinadas ocasiones se hace complicado hacer una adecuada valoración puesto que, aunque la realización de la prueba sea adecuada, los pacientes no son capaces de desenvolverse con total normalidad en la vida cotidiana. Para dar solución a este tipo de problemas, en los últimos diez años se han ido creando nuevas técnicas que representen de la manera más realista posible las tareas que realiza el paciente en su contexto natural. Por ello, la elección de un tipo de pruebas u otras para administrar va a depender en última instancia de la sintomatología del paciente y la interpretación del especialista de sus necesidades, siendo recomendable el uso de distintas pruebas y alternativas de evaluación para un adecuado diagnóstico.

En resumen, en la actualidad se hace necesaria la profundización en el estudio del concepto de funciones ejecutivas y la elaboración de nuevos modelos englobados bajo un marco teórico común y consensado, estableciéndose así unos pilares teóricos básicos para futuras investigaciones, así como la creación de nuevas técnicas que

garanticen una adecuada valoración de la sintomatología que permitan una adecuada praxis a raíz de los conocimientos obtenidos.

6. Referencias bibliográficas.

Abad,L., Ruiz, R., Moreno, F., Sirera, M.A., Cornesse, M., Delgado, I. & Etchepareborda, M.C. (2011). Entrenamiento de funcione ejecutiva en el trastorno por déficit de atención/hiperactividad. *Revista de Neurología*, 52 (1), 77-83.

Barkley, R.A. (2001). The executive function and self-regulation: An evolutionary neuropsychological perspective. *Neuropsychology Review*, 11, 1-29.

Barroso, J.M. & León, J. (2002). Funciones ejecutivas: control, planificación y organización del conocimiento. *Revista de Psicología General y aplicada*, 55 (1), 27-44.

Bausela, E & Santos, J.L. (2006). Disfunción ejecutiva: sintomatología que acompaña a la lesión y/o disfunción del lóbulo frontal. *Avances en Salud Mental Relacional*, 5 (2), 1-14.

Bembibre, J. & Arnedo, M. (2013). Neuropsicología de la corteza prefrontal dorsolateral II. En Arnedo, M., Bembibre, J. y Triviño, M. (Eds.), *Neuropsicología a través de los casos clínicos* (pp. 189-195). Madrid: Panamericana.

Bender, L., Walia, G., Kambhampaty, N., Nygard, K., & Nygard, T. (2012). Social sensitivity correlations with the effectiveness of team process performance: An empirical study. *International Computing Education Research*, 12, 39-46.

Bombín, I., Cifuentes, A., Climent, G., Luna, P., Cardas, J., Tirapu, J. & Díaz, U. (2014). Validez ecológica y entornos multitarea en la evaluación de las funciones ejecutivas. *Revista de Neurología*, 59, 77-87.

Climent, G., Luna, P., Bombín, I., Cifuentes, A., Tirapu, J. & Díaz, U. (2014). Evaluación neuropsicológica de las funciones ejecutivas mediante realidad virtual. *Revista de Neurología*, 58, 465-475.

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

Ernst, M., Bolla, K., Mouratiditis, M., Contoreggi, C., Matochik, J.A., Kurian, V.S. et al. (2002). Decision-making in a risk-taking task: a PET study. *Neuropsychopharmacology* 26, 682-691.

Funes, M.J. & Lupiáñez, J. (2003). La teoría atencional de Posner: una tarea para medir las funciones atencionales de Orientación, Alerta y Control Cognitivo y la interacción entre ellas. *Psicothema*, 15 (2), 260-266.

García, M.A. (2012). *Las funciones ejecutivas cálidas y el rendimiento académico*. (Tesis doctoral inédita). Departamento de Psicología Básica II (Procesos cognitivos). Madrid.

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

Jurado, M.B. & Rosselli, M. (2007). The Elusive Nature of Executive Functions: A Review of our Current Understanding. *Neuropsychological Review*, 17, 213-233.

Kluwe, B., Wendt, T. & Grassi-Oliveira, R. (2012). Modelos teóricos sobre consructo único ou múltiplos procesos das funcçoes executivas. *Revista Neurpsicología Latinoamericana*, 4(2), 29-34.

Lezak, M.D. (1982). The problem of assessing executive functions. *International Journal of Psychology*, 17, 281-297.

Lopera, F. (2008). Funciones Ejecutivas: Aspectos Clínicos. *Revista de Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 8 (1), 59-76.

Marino, D. & Julián, C. (2010). Actualización en Tests Neuropsicológicos de Funciones Ejecutivas. *Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento*, 2 (1), 34-45.

Martínez, J.M., Sánchez, J.P., Bechara, A. & Román, F. (2006). Mecanismos cerebrales de la toma de decisiones. *Revista de Neurología*, 42 (7), 411-418.

Márquez, M.R., Salguero, P., Paíno, S. & Ramón, J. (2013). La hipótesis del Marcador Somático y su nivel de incidencia en el proceso de toma de decisiones. *Revista electrónica de Metodología Aplicada*, 18 (1), 17-36.

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

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

Slachevsky, A., Pérez, C., Silva, J. & Orellana, G. (2005). Córtex prefrontal y trastornos del comportamiento: modelos explicativos y métodos de evaluación. *Revista chilena de Neuropsiquiatría*, 43 (2), 109-121.

Stelzer, F., Mazzoni, C. y Cervigni, M. (2014). Cognitive models of executive functions development. Methodological limitations and theoretical challenges. *Anales de Psicología*, 30 (1), 329-336.

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

Tirapu, J. & Muñoz, J.M. (2005). Memoria y funciones ejecutivas. *Revista de Neurología*, 41 (8), 475-484.

Tirapu, J., Pérez, G., Erekatxo, M. & Pelegrín, C. (2007). ¿Qué es la teoría de la mente? *Revista de Neurología*, 44 (8), 479-489.

Tirapu, J., García, A., Luna, P., Verdejo, A., & Ríos, M. (2012). Corteza prefrontal, funciones ejecutivas y regulación de la conducta. En J. Tirapu, A. García, M. Ríos y A. Ardilla. (Eds.), *Neuropsicología de la corteza prefrontal y las funciones ejecutivas* (pp. 89-120). Barcelona: Viguera.

Tirapu, J. & Luna, P. (2012). Neuropsicología de las funciones ejecutivas. En J. Tirapu, A. García, M. Ríos y A. Ardilla. (Eds.), *Neuropsicología de la corteza prefrontal y las funciones ejecutivas* (pp. 221-259). Barcelona: Viguera.

Torrvalva, T. & Manes, F. (2001). Funciones ejecutivas y Trastornos del Lóbulo Frontal. (Tesis doctoral inédita). Instituto de Neurología Cognitiva (INECO). Buenos Aires.

Verdejo, A., Aguilar de Arcos, F. & Pérez, M. (2004). Alteraciones de los procesos de toma de decisiones vinculados al córtex prefrontal ventromedial en pacientes drogodependientes. *Revista de Neurología*, 38 (7), 601-606.

Verdejo, A. & Bechara, A. (2010). Neuropsicología de las funciones ejecutivas. *Psicothema*, 22 (2), 227-235.

Zelazo, P. & Cunningham, W. (2009). Executive function: Mechanisms Underlying Emotion Regulation. En prensa, en Gross, J. (Ed.), *Handbook of emotion regulation*. New York: Guilford.