

República Dominicana  
Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña  
Facultad de Ciencias de la Salud  
Escuela de Medicina

DETECCIÓN DE ALTERACIONES DE LAS FUNCIONES EJECUTIVAS UTILIZANDO  
COMO MEDIO DIAGNÓSTICO LA REALIDAD VIRTUAL EN NIÑOS/AS Y  
ADOLESCENTES, AGOSTO 2019-FEBRERO 2021



Trabajo de grado presentado por Sherley Cruz Reynoso y Felicia Cleylix Gómez Paulino para la  
obtención del título de:

**DOCTOR EN MEDICINA**

**Asesores:**

Dr. Luis Ortega Pineda (Clínico)

Dra. Claridania Rodríguez (Metodológico)

**Santo Domingo, D.N.**

**2021**

## Tabla de contenido

AGRADECIMIENTO	4
DEDICATORIA	5
RESUMEN	7
ABSTRACT	8
Detección de alteraciones de las funciones ejecutivas utilizando como medio diagnóstico la realidad virtual en niños/as y adolescentes.	9
I. Introducción	10
I.1 Antecedentes	11
I.2 Justificación	14
II. Planteamiento del problema	16
III. Objetivos.	18
III.1. Objetivo General.	18
III.2. Objetivos específicos	18
IV. Marco teórico	19
IV.1. Las Funciones Ejecutivas	19
IV.1.1.Historia	19
IV.1.2.Definición	21
IV.1.3.Componentes de las funciones ejecutivas	21
IV.1.4.Neuroanatomía de las funciones ejecutivas	23
IV.1.5.Desarrollo neurológico de las funciones ejecutivas	26
IV.1.6.Neurotransmisores en la Función Ejecutiva	28
IV.1.7.Disfunción ejecutiva	29
IV.1.8.Trastornos asociados a la alteración de las funciones ejecutivas	30
IV.1.9.Métodos de evaluación de las alteraciones de la función ejecutiva.	30
IV.1.9.1.Evaluación clínica cualitativa	30
IV.1.9.2.Evaluación cuantitativa	32
IV.1.9.3. Evaluación experimental	35
IV.2.Realidad Virtual	36
IV.2.1.Realidad virtual, tecnologías y evaluación de la conducta.	36

IV.2.2. Evaluación específica de las funciones ejecutivas mediante realidad virtual	37
IV.2.3. Programas de intervención temprana en la promoción de las funciones ejecutivas	43
IV.2.3.1. Programas escolares	43
IV.2.3.2. Entrenamiento computarizado	45
IV.2.3.3. Actividad física y funciones ejecutivas	46
V. Conclusiones	47
VI. Recomendaciones	49
VII. Referencias bibliográficas	51
VIII. Anexos	55
IX. VII.1 Cronograma	55
VII.4 Presupuesto	56
VII.4.1 Humanos	56
VII.4.2 Equipos y materiales	56
VII.4.3 Información	58
VII.4.4 Económicos	58
X. Evaluación	60

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a Dios por la vida y la salud que nos ha dado, por guiarnos y dirigir cada uno de nuestros pasos hacia el camino que a Él le ha parecido bien, por regalarnos el amor necesario y la fortaleza suficiente para lograr esta meta.

Agradecemos a nuestra Alma Máter, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, por ser el espacio donde hemos podido recibir una formación académica intachable.

Agradecemos a las autoridades de la Escuela de Medicina en la persona del Dr. William Duke, nuestro decano, por ser un aliado incansable del estudiantado, Dra. Jeannette Baéz por su tenaz acompañamiento y asesoría desmedida con procura de que hagamos las cosas correctamente y con calidad gracias por su dedicación. Al Dr. Luis Ortega por su colaboración y su asesoría clínica y a la Dra. Claridania Rodríguez por su asesoría metodológica y gran disponibilidad.

Agradecemos de todo corazón su gran apoyo y valoramos su amor por la enseñanza, sin ustedes esto que vemos como un logro no hubiese sido posible alcanzarlo. Dios les bendiga siempre.

***¿Cómo le devolveré al Señor todo el bien que me ha hecho?***

***Sal 116, 12.***

***Las sustentantes***

## **DEDICATORIA**

En primer lugar dedico este proyecto a Dios por haberme dado vida, salud y sabiduría para llegar a donde estoy, por su inmensa gracia y fortaleza que me ha brindado en estos años, y por haberme demostrado que todo es a su voluntad.

A mis padres, Ynocencia Reynoso y Alexis Cruz, quienes siempre me han llenado de motivación y enseñarme que todo con interés, valentía y paciencia se puede alcanzar muchas de las metas.

A toda mi familia, con una mención especial a mi tía Filonila Reynoso y mi prima Fiama Reynoso, que siempre han estado presente viendo mis batallas y escuchando mis pequeños triunfos que se disfrutan con si fuera de todos.

A mi compañera de monografía, Felicia Cleylix Gómez Paulino, por su maravillosa colaboración, por su dedicación y por haberme demostrado su amistad en lo largo de este proyecto.

A mis compañeros de la universidad, con quienes descubrí una grandiosa amistad, aquellas amistades que siempre nos motivamos unos con otros para poder alcanzar nuestra meta.

A mi Alma Mater, la Universidad Nacional Pedro Henriquez Ureña, por haberme permitido pertenecer a tan majestuoso centro de estudio y haberme permitido conocer excelentes profesores que han marcado un antes y después en mis estudios.

***Sherley Cruz Reynoso***

Dedico este proyecto a Dios por la gracia que que ha sido contar con su compañía en cada momento de mi vida pero en especial en cada instante a lo largo de la carrera donde he sentido su amor incomparable sosteniéndome y consolándome incluso en aquellos momentos donde sentía desfallecer siendo Él quien haya permitido que llegara hasta ver realizado este sueño tan deseado de ser médico.

A mis padres, Félix Gómez Castillo y Cleotilde Paulino de la Cruz, quienes han sido mi soporte y con sus consejos, palabras de aliento y esperanza así como su entrega desinteresada me han enseñado que efectivamente nada es imposible para el que tiene fe y que con determinación no hay ninguna meta que resulte imposible lograr.

A mi esposo, José Martín Del Río Corniel, por su amor y compañía por siempre estar ahí durante todas mis luchas de cada día y gozar conmigo de cada triunfo logrado.

A toda mi familia, por siempre estar al pendiente de cada uno de mis pasos

A mis hermanos de la Comunidad Hijos del Inmaculado Corazón, Pastoral Juvenil de la Parroquia Inmaculado Corazón de María, Sacerdotes y Religiosos/as amigos por su oración e intercesión por mí a lo largo de todos estos años de formación académica.

A mi compañera de monografía, Sherley Cruz Reynoso, por su gran amistad y paciencia desmedida en la realización de este proyecto.

A mis compañeros de la universidad, quienes se han convertido en una gran familia para mi, con quienes descubrí lo maravilloso de hacer amigos y encontré gran apoyo y motivación.

A mi Alma Mater, la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, por abrirme las puertas del conocimiento y darme la oportunidad de formarme para la vida por medio de las enseñanzas recibidas por parte de tan magníficos docentes.

***Felicia Cleylix Gómez Paulino***

## **RESUMEN**

Las alteraciones de las funciones ejecutivas (FE) se traducen como un deterioro en aquellas habilidades cognitivas encargadas de la memoria operativa, la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio. Estas afectaciones incide en el neurodesarrollo de los niños y adolescentes, pudiéndose mostrar estas dificultades en el ámbito escolar.

Nuestros objetivos de esta monografía en base a los artículos revisado fueron explicar las virtudes de la implementación de la realidad virtual para diagnosticar disfunciones ejecutivas y describir la relación que tienen estas alteraciones con el rendimiento académico.

Varios autores demuestran la efectividad que tienen implementar la realidad virtual para detección de las (FE) por la virtud de que representan un ambiente más ecológico y es más factible a la hora de tener resultados confiables de las pruebas.

En relación a la asociación del rendimiento académico y las disfunciones ejecutiva en los estudios revisado concluyeron que aquellos que presentaron algún déficit durante en el desempeño de las pruebas de las funciones ejecutivas se vieron relacionado con las habilidades académicas evaluadas.

De cierto que algunos estudios se realizaron con las pruebas tradicionales para demostrar la asociación del rendimiento escolar, lo que se recomienda realizar este tipo de estudio utilizando la realidad virtual e implementarlo en las escuelas de nuestro país.

**Palabras claves:** Alteraciones; Funciones Ejecutivas; Realidad Virtual; Rendimiento Académico.

## **ABSTRACT**

Alterations in executive functions (EF) translate as a deterioration in those cognitive abilities responsible for working memory, cognitive flexibility and inhibitory control. These affectations affect the neurodevelopment of children and adolescents, and these difficulties can be shown in the school environment.

Our objectives of this monograph based on the reviewed articles were to explain the virtues of the implementation of virtual reality to diagnose executive dysfunctions and describe the relationship that these alterations have with academic performance.

Several authors demonstrate the effectiveness of implementing virtual reality for the detection of (EF) by virtue of the fact that they represent a more ecological environment and it is more feasible when it comes to having reliable test results.

In relation to the association of academic performance and executive dysfunctions in the reviewed studies, they concluded that those who presented some deficit during the performance of the executive functions tests were related to the academic skills evaluated.

Certainly, some studies were carried out with traditional tests to demonstrate the association of school performance, which is why it is recommended to carry out this type of study using virtual reality and implement it in schools in our country.

**Keywords:** Alterations; Executive functions; Virtual reality; Academic performance



**Detección de alteraciones de las funciones ejecutivas utilizando como medio diagnóstico la realidad virtual en niños/as y adolescentes.**

## **I. Introducción**

La función ejecutiva es un término amplio en el ámbito de la neurociencias, que implica un conjunto de acciones mentales y cognitivas que facilitan la atención sostenida, el control de los impulsos así como la organización de las ideas y estímulos obtenidos del medio, siendo esto procesado por el cerebro dando como resultado una ejecución o respuesta. A nivel cerebral, la corteza prefrontal ocupa un lugar privilegiado para dirigir estas funciones, ya que recibe y envía información de todos los sistemas sensoriales y motores del cerebro, se trata de la región cerebral de integración por excelencia.<sup>1</sup>

Sin embargo, cuando el individuo presenta déficit atencional, fallos en la planificación y anticipación, déficit en las abstracciones y otras manifestaciones conductuales estamos hablando de alteraciones de las funciones ejecutivas.<sup>2</sup>

La detección oportuna de alteraciones en el funcionamiento ejecutivo, trae consigo el beneficio de poder intervenir de manera temprana de forma que se pueda garantizar que los/as niños/as y adolescentes puedan desarrollar al máximo las competencias y habilidades requeridas para su aprendizaje a lo largo de su vida.

Las alteraciones de las funciones ejecutivas, como determinantes del comportamiento y de la ejecución de los niños, en contextos tan diversos como el educativo, la familia o las relaciones sociales representan un tema de interés de ahí la necesidad de contar con herramientas de evaluación que arrojen resultados fidedignos y valederos en la predicción de estas deficiencias que influyen en el funcionamiento a corto, mediano y largo plazo.

Desde un plano educativo, conocer si hay un déficit en el funcionamiento de las funciones ejecutivas, permite desarrollar un plan de intervención a nivel del centro y aula, sería beneficioso para los alumnos, puesto que dentro de sus capacidades podría desarrollarse al máximo; para el docente, ya que anticipará cuales son los logros que el niño puede alcanzar y así adaptará los contenidos, objetivos y sistemas de evaluación a las necesidades, como para el resto de iguales, que serán conocedores de las peculiaridades de sus compañeros, y aprenderán a vivir, convivir y respetar las diferencias.

## **I.1 Antecedentes**

Fonseca, G. et al. en el estudio *“Evidencias de validez para instrumentos de atención y funciones ejecutivas y su relación con el rendimiento escolar”* cuyo objetivo fue investigar la evidencia de la validez de los instrumentos que evalúan la atención sostenida y los componentes visuales de las funciones ejecutivas. Participaron 151 niños de ambos sexos (77 niñas y 74 niños), 7-11 años de edad ( $M=8.6$ ;  $SD=1.15$ ), desde el 2º al 5º de grado. Para la recolección de datos se utilizaron la prueba de rendimiento académico (TDE), Test de Cancelación, Trail Making Test, Stroop Color Word Teste, Torre de Londres y la prueba de fluidez verbal. Los resultados mostraron una mejora en el rendimiento con la progresión de la escolarización. Se encontraron correlaciones significativas entre las puntuaciones de los instrumentos y rendimiento académico, incluso cuando se controla por la variable edad. Este estudio proporcionó evidencias de validez para los instrumentos, ya que era sensible a detectar cambios debido a la progresión del título escolar y se correlacionan con el rendimiento en escritura, lectura y aritmética.<sup>3</sup>

Iriarte, Y en el estudio *“AULA-Advanced Virtual Reality Tool for the Assessment of Attention: Normative Study in Spain.”* cuyo objetivo fue describir la obtención de datos normativos para la prueba AULA, una herramienta de realidad virtual diseñada para evaluar problemas de atención, especialmente en niños y adolescentes contó con una muestra normativa estaba compuesta por 1,272 participantes (48.2% mujeres) con un rango de edad de 6 a 16 años ( $M = 10.25$ ,  $SD = 2.83$ ). La prueba de AULA que se les administró mostró estímulos visuales y auditivos, mientras que los distractores aleatorios de naturaleza ecológica aparecían progresivamente. Las variables proporcionadas por AULA se agruparon en diferentes categorías para su análisis posterior. Se analizaron las diferencias por edad y sexo, resultando en 14 grupos, 7 por grupo de sexo. También se obtuvieron diferencias entre la atención visual y auditiva. Llegaron a la conclusión de que los datos normativos obtenidos son relevantes para el uso de AULA en la evaluación de la atención en niños y adolescentes españoles es más ecológica. Se necesitarán más estudios para determinar la sensibilidad y especificidad de AULA para medir la atención en diferentes poblaciones clínicas.<sup>4</sup>

Lalondea, Gabrielle et al, 2013 en el estudio *“Evaluación de la función ejecutiva en la adolescencia: una comparación de herramientas de realidad virtual y tradicional”* tuvieron como

objetivos establecer qué pruebas tradicionales de las Funciones Ejecutivas (FE) de papel y lápiz del Sistema de Función Ejecutiva Delis-Kaplan (D-KEFS) están asociadas con el rendimiento en una tarea de Stroop de realidad virtual (VR-Stroop) y comparar las pruebas D-KEFS y la tarea VR-Stroop en su capacidad para predecir la FE y el comportamiento diario, según lo medido por el Inventario de Calificación del Comportamiento de la Función Ejecutiva (BRIEF) y la Lista de Verificación del Comportamiento del Niño (CBCL). Treinta y ocho adolescentes con un desarrollo típico de entre 13 y 17 años completaron el ClínicaVR: Classroom-Stroop y cinco subpruebas D-KEFS (TrailMaking, Tower, TwentyQuestions, Fluidez verbal e Interferencia entre colores y palabras). Sus padres completaron los cuestionarios BRIEF y CBCL. Concluyeron que el desempeño de una tarea de inhibición similar a VR-Stroop se correlacionó con formas más tradicionales (papel-lápiz y cuestionarios para los padres) de la evaluación de las FE, pero el desempeño de la realidad virtual (RV) sugiere que RV podría ser una técnica complementaria útil para la evaluación ecológica de las capacidades cognitivas de alto orden. La fortaleza de la RV radica en su capacidad de hacer sentir a los participantes que están presentes en un ambiente real con situaciones similares y demandas naturalistas para reflejar el funcionamiento de la vida real y, por lo tanto, mejorar la validez ecológica de las interpretaciones de los resultados de las pruebas. La tecnología de RV también permite un control absoluto sobre la presentación de los estímulos y una medición precisa de la respuesta.<sup>5</sup>

Reyes Cerrillo, S. et al, 2015 en su trabajo *“El rol de la Función Ejecutiva en el Rendimiento Académico en niños de 9 años”* cuyo objetivo fue estudiar la relación de la función ejecutiva y el rendimiento académico en niños de cuarto grado y determinar qué procesos específicos de la función ejecutiva se relacionan con el mismo. Utilizaron medidas de planificación, memoria de trabajo, fluidez verbal, atención selectiva y sostenida, y rendimiento académico. La muestra estuvo compuesta por 101 niños de ambos sexos que concurrían a 4° grado de tres escuelas privadas del partido de La Matanza, Provincia de Buenos Aires. Auxiliándose de un estudio previo (Reyes, Barreyro&Injoque-Ricle, 2014) a través de un análisis factorial confirmatorio, se obtuvo un modelo adecuado de función, compuesto por las siguientes habilidades: planificación, memoria de trabajo, fluidez verbal y atención sostenida y selectiva. Este modelo fue incorporado en un análisis de senderos con el fin de determinar la relación entre la función ejecutiva y el rendimiento académico, encontrando un modelo adecuado, donde la función ejecutiva predice significativamente el rendimiento académico global ( $X^2(19) = 28.04, p = .08$ ;

GFI =.94; CFI = .92; RMSEA = .06). Finalmente se realizó un análisis de correlaciones entre las pruebas que componen la función ejecutiva y el rendimiento académico, observando que en esta edad la memoria de trabajo, la fluidez verbal, la atención sostenida, la atención selectiva y la planificación se asocian con esta medida. Los resultados permiten concluir que el efecto predictor de la función ejecutiva sobre el rendimiento académico es importante para una adecuada adaptación del niño a las exigencias específicas del contexto escolar. Un correcto desarrollo de los procesos ejecutivos posibilitará al niño reconocer y representar mentalmente las diferentes situaciones problemáticas planteadas por sus docentes, y, además, le permitirían diseñar y ejecutar estrategias para la resolución de las mismas.<sup>6</sup>

En otro estudio “*Nivel de desarrollo de las funciones ejecutivas en estudiantes adolescentes de los colegios públicos de Envigado-Colombia*”, publicado por Tamayo Lopera, D. et al, 2017, cuyo objetivo fue identificar el estado actual del desarrollo de las funciones ejecutivas en estudiantes adolescentes de las instituciones educativas públicas del municipio de Envigado (Colombia) siendo el método de estudio cuantitativo, descriptivo, de corte transversal, con una muestra aleatoria de 280 estudiantes de undécimo grado de educación secundaria, a quienes se aplicó la Batería Neuropsicológica de Funciones Ejecutivas (BANFE). Arrojó que más de la mitad de los estudiantes de la muestra presentaron alteraciones leves o severas en el índice de la función dorsolateral y en la función ejecutiva global, y se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre hombres y mujeres en la función dorsolateral ( $U=8304,5$ ;  $p= 0,029$ ) y la función global ( $U=8412,0$ ,  $p=0,043$ ). Donde concluyeron que el 65,7% de los estudiantes adolescentes presentan alteración entre leve y severa en el desempeño de las pruebas de las funciones ejecutivas, lo cual se vio asociado con las habilidades académicas evaluadas.<sup>7</sup>

Luego de una búsqueda sistemática no encontramos evidencia publicadas en revistas nacionales vinculadas al tema de investigación.

## **I.2 Justificación**

Las funciones ejecutivas se relacionan con la autorregulación social y emocional (Best et. ál., 2009) e influyen en el rendimiento académico (Latzman, Elkovitch, Young & Clark, 2010; van der Sluis, de Jong & van der Leij, 2007). Así, las consecuencias de un mal funcionamiento ejecutivo no sólo se limitan a la esfera cognitiva del individuo, sino que impactan en lo social y la emocional.<sup>8</sup>

Actualmente aunque en nuestro país los estamentos gubernamentales orientados al área educativa se han empoderado en la mejora de la infraestructura de los planteles, seguimos colocados entre los países con bajo rendimiento escolar por parte de los estudiantes lo cual puede estar influenciado por múltiples factores como son la formación del personal docente, el cumplimiento del calendario académico y la ejecución de un currículo educativo que cubra las necesidades educativas del estudiantado, incidiendo esto en que tal problemática aun no alcance un mejoría significativa. A esto se añaden también factores inherentes al estudiantado como podrían ser su estado psíquico-emocional, su rendimiento en base a la atención que presten en las clases, el nivel de atención a los maestros/as y la capacidad que tengan para ejecutar las actividades que se realizan en el aula.

En el informe del Tercer Estudio Regional Comparativo y Explicativo (TERCE) donde se midió el rendimiento de los estudiantes de 3ro y 6to grado de primaria en matemáticas, lectura, escritura y ciencias. Los resultados mostraron que los estudiantes dominicanos se destacaron negativamente en comparación de los estudiantes de otras regiones de América Latina y el Caribe. Así, se reporta que los estudiantes de República Dominicana para tercero y sexto grado del nivel primario se ubican por debajo del promedio regional en todas las áreas evaluadas.<sup>9</sup>

Cabe destacar, que se ha establecido que ciertos trastornos del neurodesarrollo infantil presentan alteraciones en la función ejecutiva como base de su fisiopatología. Bausela-Herreras, E. et al, 2019, describieron en un estudio cuyo propósito fue ofrecer una visión de los hallazgos actuales sobre el funcionamiento ejecutivo en niños y jóvenes con diferentes trastornos del neurodesarrollo: trastorno del espectro autista, trastorno por déficit de atención/hiperactividad y trastorno específico del aprendizaje. El cual contó con la revisión de 27 artículos. Tras el análisis

de los resultados indican una asociación estadísticamente significativa entre dimensión de flexibilidad y trastorno por déficit de atención/hiperactividad y dimensión de flexibilidad y trastorno del espectro autista. Posteriormente llegaron a la conclusión de que las dimensiones ejecutivas se encuentran afectadas en los diferentes trastornos del neurodesarrollo.<sup>10</sup>

Debido a que las alteraciones de las funciones ejecutivas restan habilidades como son la anticipación, ejecución de las actividades y de las operaciones mentales, la selección precisa de los comportamientos y conductas, la flexibilidad en la atención sostenida y organización, se tiene la necesidad de realizar estudios que permitan detectar déficits en este ámbito. Sin embargo, los datos obtenidos al momento de evaluar a una persona deben ser interpretados sin incurrir en el error de hacer conclusiones apresuradas, dada a la peculiaridad de cada individuo.

Es concerniente la revisión de diferentes estudios que muestren la calidad de implementar la realidad virtual como método diagnóstico para detectar alteraciones de las funciones ejecutivas en niños y adolescentes. Por otro lado, también es importante saber qué relación tienen las alteraciones de las funciones ejecutivas y el rendimiento académico del alumnado podría repercutir en su ambiente escolar. Los principales beneficiarios serán los docentes y/o alumnos tomando esta monografía como guía para efectuar estudios como estos en nuestro país.

## II. Planteamiento del problema

El abordaje de las funciones ejecutivas en los últimos años ha adquirido un auge exponencial en busca de mejoras en la detección oportuna de las alteraciones debido a que son determinantes del comportamiento así como de la ejecución de tareas de los niños y adolescentes en contextos tan diversos como el educativo, la familia o las relaciones sociales. De ahí la necesidad de herramientas de evaluación fiables y válidas que no solo permitan la evaluación de estos componentes sino que también predican la medida en la que los posibles déficits en las funciones ejecutivas van a determinar el funcionamiento diario de los niños y los adolescentes en contextos significativos.

Dada la relevancia que tienen las funciones ejecutivas, para el rendimiento académico y en el desempeño de las actividades cotidianas en general y tomando en cuenta que la educación formal se relaciona fuertemente con el desarrollo de las funciones ejecutivas (Yode, 2015) (tales como recordar ideas, seguir instrucciones, supervisar la atención, mantener la información en la memoria de trabajo y procesarla) (Stelzer&Cervigni, 2011), se observa la apremiante necesidad de revisar y mejorar las metodologías utilizadas en el sistema educativo actual con el fin de que permitan ejercitar la actividad intelectual por medio de la abstracción, la fluidez verbal y la metacognición (Flores, Castillo et al., 2014; García, González-Castro, Areces, Cueli, & Rodríguez Pérez, 2014); así mismo, es importante fortalecer la estimulación que reciben los niños y adolescentes en el ambiente familiar.<sup>11</sup>

En la actualidad, poder detectar las alteraciones en la función ejecutiva y a su vez tener herramientas que permitan corregirlas se hace cada vez más imperioso debido a las exigencias de la sociedad la cual muestra necesidad de seres humanos competentes dotados de capacidad para resolver problemas, comunicarse de manera oportuna, con iniciativas, aptos para ejecutar tareas y acciones propuestas pero sobre todo con facultad para tener control de sus impulsos, hacer mejoras en sus planes y tener dominio del tiempo para ejecutarlos.

A la hora de evaluar las funciones ejecutivas, se hacen rutinariamente con test neuropsicológicos de lápiz y papel, en la que algunos pacientes suelen mostrar un mayor o normal rendimiento dentro de los límites esperados, lo que esas discrepancias sugieren que los test



neuropsicológicos clásicos puede que no reproduzcan adecuadamente la misma naturaleza de una situación de la vida real. Sin embargo la realidad virtual reproduce entornos tridimensionales similares a los de la vida real en la que existen distractores y otras variables donde se pueden obtener respuestas más precisas y consistentes que permiten un análisis más detallado.<sup>12</sup>

A pesar de las ventajas que el uso de cuestionarios de calificación de la conducta pueda suponer para la evaluación de las funciones ejecutivas en situaciones diarias, la preocupación por la expresión ecológica de las medidas tradicionalmente empleadas sigue siendo un tema recurrente en el contexto clínico y educativo actual. Un ejemplo de ello es la reciente aparición de la herramienta Aula, de Nesplora (Climent y Bánterla, 2011). Se trata de *Continuous Performance Test* (CPT) que tiene lugar en un entorno de realidad virtual, buscando reproducir unas condiciones lo más similares posible a la realidad de un aula. Esta medida presentaría de este modo una mayor validez ecológica que el resto de medidas basadas en la ejecución.<sup>13</sup>

Por tales razones, identificar la presencia de déficit de las funciones ejecutivas a evaluar en la edad escolar y contar con estrategias para su mejora resulta indispensable ya que de esta manera se pueden trazar las pautas que propicien un buen ambiente para el desenvolvimiento en las esferas social, académica y personal de los/as niños/as logrando así mejoras en las competencias que se espera que alcancen a desarrollar.

Con estas observaciones encontramos la necesidad de plantearnos la siguiente cuestionante: ¿Cuál es la importancia de detectar alteraciones de las funciones ejecutivas utilizando la realidad virtual en niños/as y adolescentes?

### **III. Objetivos.**

#### **III.1. Objetivo General.**

Exponer la importancia de la detección de alteraciones de las funciones ejecutivas utilizando la realidad virtual en niños/as y adolescentes.

#### **III.2. Objetivos específicos**

1. Describir la asociación del rendimiento académico y el diagnóstico temprano de alteraciones de las funciones ejecutivas.
2. Explicar las virtudes de la implementación de la realidad virtual para diagnosticar disfunciones ejecutivas y las consecuencias que puede mostrar estas alteraciones en el ámbito escolar.

## **IV. Marco teórico**

### **IV.1. Las Funciones Ejecutivas**

#### **IV.1.1.Historia**

A lo largo de la historia, varias investigaciones sobre las funciones ejecutivas marcaron su transcurso. Durante finales del siglo XIX y principios del siglo XX, las investigaciones clínicas documentaron diversos trastornos conductuales en casos de patología frontal. El “Síndrome de lóbulo frontal” fue caracterizado por Feuchtwanger (1923), quien correlacionó la patología frontal con conductas que no estaban relacionadas con el lenguaje, la memoria, o déficit sensoriomotores. Enfatizó también los cambios de personalidad, trastornos en la motivación, en la regulación afectiva y en la capacidad para regular e integrar otras conductas. Goldstein (1944) extendió la capacidad del lóbulo frontal para incluir la “actitud abstracta”, iniciación y flexibilidad mental.<sup>14</sup>

Las primeras cuatro décadas del siglo XX, ofrecieron descripciones de las regiones prefrontales con un detalle preciso de la arquitectura cerebral. La Segunda Guerra Mundial dejó un gran número de personas con déficit focales y patología del lóbulo frontal, las cuales fueron extensamente estudiadas. Luria (1966, 1969) relacionó la actividad de los lóbulos prefrontales con la programación de la conducta motora, inhibición de respuestas inmediatas, abstracción, solución de problemas, regulación verbal de la conducta, reorientación de la conducta de acuerdo a las consecuencias conductuales, integración temporal de la conducta, integridad de la personalidad y conciencia.<sup>14</sup>

Históricamente, Phineas Gage se ha convertido en el ejemplo clásico de la patología de lóbulo frontal y del trastorno de las funciones ejecutivas (Harlow, 1868). Phineas Gage era un capataz responsable en una línea de ferrocarril quien sufrió un trágico accidente en el que una barra de metal fue proyectada hacia su lóbulo frontal. Milagrosamente sobrevivió, pero después del accidente, fue descrito como “profano, irascible e irresponsable”. Se reportaron cambios de personalidad graves y de acuerdo con Harlow, comenzó a “comportarse como un animal”. El caso

de Phineas Gage se cita generalmente como el ejemplo típico de alteraciones en las funciones ejecutivas. Sin embargo, es obvio que los trastornos presentados por Phineas Gage se situaban básicamente al nivel cognitivo/emocional, no al nivel puramente cognitivo (o metacognitivo). Se observaron los cambios conductuales externos -tal como suele encontrarse en la patología de lóbulo frontal-, pero las alteraciones puramente cognitivas no fueron documentadas, en parte debido a la falta de instrumentos de evaluación apropiados.<sup>14</sup>

La mayoría de las alteraciones reportadas en Phineas Gage (y en muchos casos de síndrome prefrontal) se refieren a alteraciones conductuales/emocionales; o más exactamente, alteraciones en la coordinación de la cognición con la emoción/motivación. El lóbulo prefrontal presenta extensas conexiones con áreas subcorticales y del sistema límbico (Barbas, 2006; Damasio & Andersen, 1993) e incluso la parte orbital puede considerarse como una extensión del sistema límbico. De alguna manera, ninguna de las pruebas utilizadas en el laboratorio para evaluar funciones ejecutivas se enfoca en la coordinación de la cognición con la emoción/motivación y en ese sentido, ninguna prueba de funciones ejecutivas tiene validez ecológica significativa. Una de las funciones principales del lóbulo prefrontal es controlar los impulsos provenientes del sistema límbico: hacer “socialmente aceptables” los impulsos límbicos. La inhabilidad de convertir en socialmente aceptables estas necesidades biológicas básicas, -como en el caso de Phineas Gage-, representa frecuentemente una alteración relevante en pacientes prefrontales. Por supuesto, todos quisiéramos golpear a alguien en un momento de frustración, tomar algo para nosotros cuando está disponible, quedarnos en casa en lugar de ir a trabajar y aproximarnos sexualmente a una potencial pareja sexual. Esto es exactamente lo que hacen muchos pacientes con patología de lóbulo frontal.<sup>14</sup>

Inicialmente se pensaba que el “lóbulo frontal” y la “corteza prefrontal” eran sinónimos del déficit ejecutivo. Posteriormente, se hizo evidente que el “síndrome prefrontal” y las “funciones ejecutivas” no son sinónimos. La corteza prefrontal juega un papel clave de monitoreo en las funciones ejecutivas, pero también participan otras áreas del cerebro. Elliott (2003) define el funcionamiento ejecutivo como un proceso complejo que requiere la coordinación de varios subprocesos para lograr un objetivo particular. Los procesos frontales intactos, a pesar de no ser sinónimos del funcionamiento ejecutivo, son parte integral de esta función. Aunque los esfuerzos para localizar el funcionamiento ejecutivo en Ardila & Ostroksy-Solís áreas cerebrales frontales

discretas no han sido concluyentes, el punto de vista actual es que la función ejecutiva es mediada por redes dinámicas y flexibles. Los estudios de neuroimagen han involucrado a regiones posteriores, corticales y subcorticales en el funcionamiento ejecutivo (Roberts, Robbins, & Weiskrantz, 2002).<sup>14</sup>

#### **IV.1.2. Definición**

Las funciones ejecutivas (FE) se definen como un proceso o una serie de procesos cuyo principal objetivo es facilitar la adaptación a situaciones nuevas, y opera por medio de la modulación o el control de habilidades cognitivas más básicas.<sup>15</sup>

También se define como una expresión que se utiliza en la evaluación neuropsicológica para designar una serie de operaciones cognitivas que participan en la consecución de un comportamiento propositivo encaminado a alcanzar una meta. Entre ellas se incluyen la memoria operativa, la selectividad de los estímulos, capacidad de abstracción, la planeación, la flexibilidad conceptual y el autocontrol.<sup>16</sup>

#### **VI.1.3. Componentes de las funciones ejecutivas**

La función rectora o gerencial del cerebro es más bien un conjunto de funciones directivas que incluyen aspectos muy variados de la programación y ejecución de las actividades cerebrales entre las cuales podríamos mencionar las siguientes:

##### ***1. Iniciativa, Volición, Creatividad***

Tener creatividad e iniciativa para planificar y programar acciones es uno de los componentes fundamentales de la función ejecutiva. Se refiere a la capacidad de ser creativo para inventar opciones y alternativas ante situaciones nuevas y necesidades adaptativas y a la capacidad de activar el deseo y la voluntad para la acción.<sup>17</sup>

## ***2. Capacidad de Planificación y organización***

No basta con tener voluntad, iniciativa y creatividad, es necesario planificar y organizar planes de acción para llevar a cabo las iniciativas que conduzcan al cumplimiento de metas. Dentro de este aspecto está contemplada la capacidad de formular hipótesis, realizar cálculos y estimaciones cognitivas y generar estrategias adecuadas para resolución de problemas y conflictos.<sup>17</sup>

## ***3. Fluidez y flexibilidad para la ejecución efectiva de los planes de acción***

Se debe contar con una fluidez en los procesos de ejecución del plan pero sobre todo en los procesos de análisis y verificación de la ejecución de los planes de acción. Esta fluidez incluye flexibilidad para retroceder, corregir, cambiar el rumbo de los planes de acuerdo a verificaciones de los resultados parciales que se obtengan.<sup>17</sup>

## ***4. Procesos de Atención selectiva concentración y Memoria operativa***

Las funciones ejecutivas requieren el concurso de procesos atencionales, de la atención selectiva para acciones específicas y de una adecuada memoria operativa o memoria de trabajo para mantener activos los diferentes pasos y ejecutar con éxito los planes de acción.<sup>17</sup>

## ***5. Procesos de Monitoreo y Control Inhibitorio***

Se requiere además capacidad de monitorear todos los pasos, inhibir impulsos que puedan poner en riesgo el éxito de un plan y activar otros que dinamicen el proceso y monitorear todos los pasos para garantizar el feliz cumplimiento de los objetivos y las metas.<sup>17</sup>

## ***6. Metacognición***

La metacognición es el proceso con mayor jerarquía cognitiva y no se considera una función ejecutiva sino un proceso de mayor nivel (van den Heuvel et al., 2003). Es definida como la capacidad para monitorear y controlar los propios procesos cognoscitivos (Shimamura, 2000).<sup>18</sup>

## **7. *Mentalización***

La capacidad de pensar lo que otra persona puede estar pensando, pensará y/o reaccionará en relación a una situación o evento particular, se ha denominado mentalización y es una de las capacidades humanas más importantes para las relaciones interpersonales y sociales (Shallice, 2001).<sup>18</sup>

## **8. *Conducta social***

Durante el desarrollo, los niños tienen que asimilar, aprender y desarrollar diversos sistemas de reglas cognitivas y sociales, las cuales cuando adultos, les permitan interactuar propositivamente con su medio. Esta serie de capacidades se ha denominado: implementación de reglas, permitiendo que de forma flexible se alterne, seleccione, actualice y se ejecuten procedimientos efectivos de conducta en base a situaciones sociales determinadas (Bunge, 2004).<sup>18</sup>

El concepto de las funciones ejecutivas se encuentra estrechamente relacionadas con la corteza prefrontal, zona que se encuentra involucrada principalmente con los procesos cognitivamente complejos del ser humano.<sup>16</sup>

### **IV.1.4. Neuroanatomía de las funciones ejecutivas**

Los lóbulos frontales son las estructuras más anteriores de la corteza cerebral, se encuentran situadas por delante de la cisura central y por encima de la cisura lateral. Se dividen en tres grandes regiones: *la región orbital, la región medial y la región dorsolateral*; cada una de ellas están subdividida en diversas áreas. A continuación se revisan de forma breve las características funcionales y anatómicas de estas áreas.<sup>18</sup>

#### ***Corteza frontal dorsolateral***

La corteza frontal dorsolateral es la región más grande y filogenéticamente más nueva de la corteza frontal, principalmente su región media y anterior (Stuss&Levine, 2000). Se divide en cuatro áreas principales: corteza motora, premotora, dorsolateral y anterior. Corteza motora y

premotora. La corteza motora participa en el movimiento específico de los músculos estriados de las diferentes partes del cuerpo.<sup>18</sup>

Por su parte la corteza premotora permite la planeación, organización y ejecución secuencial de movimientos y acciones complejas. La región más anterior de la corteza motora suplementaria se relaciona con la selección y preparación de los movimientos, mientras que su porción posterior se relaciona principalmente con la ejecución de los mismos.<sup>18</sup>

Tres áreas que involucran regiones premotoras y motoras suplementarias se encuentran particularmente muy desarrolladas en el humano:

- 1) el campo oculomotor (área de Brodmann [AB] 8), involucrado en la percepción y síntesis de información visual compleja;
- 2) el área de Broca (AB 44 y 45), relacionada con los aspectos más complejos del lenguaje como la sintaxis;
- 3) el área de control del movimiento complejo de las manos y dedos (AB 6 y 4) (corteza premotora lateral) (Passingham, 1995).<sup>18</sup>

### **Corteza prefrontal dorsolateral**

La región anterior a la corteza motora y premotora se denomina *corteza prefrontal* (CPF) y, en comparación con los primates más cercanos, representa la estructura neo-cortical más desarrollada (Ongur, Ferry, & Price, 2003), particularmente su porción más anterior, presenta un desarrollo y organización funcional exclusivos de la especie humana (Stuss&Levine, 2000). Estas zonas se consideran regiones de asociación supramodal o cognitivas ya que no procesan estímulos sensoriales directos (Fuster, 2002). Se ha encontrado una mayor relación de sustancia blanca/sustancia gris en la CPF en el humano en comparación con otros primates no-humanos, destacando la importancia que esto tiene para las conexiones funcionales entre las diversas zonas de la CPF, así como de sus conexiones con la corteza posterior y subcortical (Schoenemann, Seehan, & Glotzer, 2005).<sup>18</sup>

La región dorsolateral de la CPF se denomina *corteza prefrontal dorsolateral* (CPFDL). Se divide funcionalmente en dos porciones: *dorsolateral* y *anterior*, y presentan tres regiones: superior, inferior y polo frontal. *La porción dorsal* se encuentra estrechamente relacionada con los



procesos de planeación, memoria de trabajo, fluidez (diseño y verbal), solución de problemas complejos, flexibilidad mental, generación de hipótesis, estrategias de trabajo, seriación y secuenciación (Stuss & Alexander, 2000); procesos que en su mayoría se consideran *funciones ejecutivas* (FE). Las porciones más anteriores (polares) de la corteza prefrontal dorsolateral (AB 10) se encuentran relacionadas con los procesos de mayor jerarquía cognitiva como la metacognición, permitiendo la auto-evaluación (monitoreo) y el ajuste (control) de la actividad en base al desempeño continuo (Fernandez-Duque, Baird, & Posner, 2000; Kikyo, Ohki, & Flores & Ostroksy-Solís Miyashita, 2002; Maril, Simons, Mitchell, & Schwartz, 2003) y en los aspectos psicológicos evolutivos más recientes del humano, como la cognición social y la conciencia auto-noética o auto-conocimiento (integración entre la conciencia de sí mismo y el conocimiento autobiográfico), logrando una completa integración de las experiencias emocionales y cognitivas de los individuos (Stuss & Levine, 2000).<sup>18</sup>

### *Corteza orbitofrontal*

La corteza orbitofrontal (COF) es parte del manto arquicortical que proviene de la corteza olfatoria caudal-orbital (ver figura 3) (Stuss & Levine, 2000). Se encuentra estrechamente relacionada con el sistema límbico, y su función principal es el procesamiento y regulación de emociones y estados afectivos, así como la regulación y el control de la conducta (Damasio, 1998). Además, está involucrada en la detección de cambios en las condiciones ambientales tanto negativas como positivas (de riesgo o de beneficio para el sujeto), lo que permite realizar ajustes a los patrones de comportamiento en relación a cambios que ocurren de forma rápida y/o repentina en el ambiente o la situación en que los sujetos se desenvuelven (Rolls, 2000).<sup>18</sup>

Participa de forma muy importante en la toma de decisiones basadas en la estimación del riesgo-beneficio de las mismas (Bechara, Damasio, & Damasio, 2000). La COF se involucra aún más en la toma de decisiones ante situaciones inciertas, poco especificadas o impredecibles, se plantea que su papel es la marcación de la relevancia (emocional) de un esquema particular de acción entre muchas opciones más que se encuentran disponibles para la situación dada (Elliot, Dolan, & Frith, 2000). En particular su región ventro-medial (AB 13) se ha relacionado con la detección de situaciones y condiciones de riesgo, en tanto que la región lateral (AB 47 y 12) se ha

relacionado con el procesamiento de los matices negativo-positivo de las emociones (Bechara et al., 2000).<sup>18</sup>

### ***Corteza frontomedial***

La corteza frontomedial (CFM) participa activamente en los procesos de inhibición, en la detección y solución de conflictos, así como también en la regulación y esfuerzo atencional (Badgaiyan&Posner, 1997). Además, participa en la regulación de la agresión y de los estados motivacionales (Fuster, 2002). Se considera que la corteza del cíngulo anterior (AB 24) funciona de forma integrada con esta región (Miller & Cohen, 2001). Su porción inferior (inferomedial: AB 32) está estrechamente relacionada con el control autonómico, las respuestas viscerales, las reacciones motoras y los cambios de conductancia de la piel, ante estímulos afectivos (Ongur et al., 2003); mientras que la porción superior (supero-medial) se relaciona más con los procesos cognitivos (Burgess, 2000). Las porciones más anteriores de la corteza frontomedial (prefrontal medial: AB 10), se encuentran involucradas en los procesos de mentalización (teoría de la mente) (Shallice, 2001).<sup>18</sup>

### **IV.1.5.Desarrollo neurológico de las funciones ejecutivas**

Podemos considerar que el desarrollo cognitivo refleja, por consiguiente, el desarrollo del cerebro (Casey, Tottenham, Listan y Durston, 2005). Así, durante la infancia las áreas corticales primarias, tales como la corteza visual y auditiva, y las áreas de asociación tales como la corteza prefrontal, tienen altos niveles de densidad sináptica y experimentan un periodo dinámico de reducción sináptica en diferentes trayectorias (Huttenlocher y Dabholkar, 1997). Concurrentemente, el total de volumen cerebral se incrementa y alcanza el 95% de la talla del adulto a la edad de 6 años (Lenroot y Giedd, 2006); sin embargo, la trayectoria del volumen cerebral difiere de acuerdo a los diferentes tipos de regiones y tejidos. Giedd et al. (1999) demuestran que desde los 4 años, el volumen de sustancia blanca se incrementa constantemente, mientras que el volumen de materia gris en las regiones frontales y parietales se incrementa y llega a su punto máximo durante la mitad de la infancia antes de reducirse. Taki et al. (2012) examinan el cambio en el volumen de la sustancia blanca en la infancia desde los 5 años, demostrando que

el incremento en el volumen de la sustancia blanca es lineal en muchas regiones a través del cerebro.<sup>19</sup>

El incremento en el volumen de la sustancia blanca puede estar relacionado con un incremento en la mielinización (Tsujimoto, 2008). La mielinización de la mayor parte de las zonas del cerebro empieza en el periodo postnatal, siendo el periodo de mayor desarrollo el que acontece en los 2 primeros años de vida y continúa en la infancia y en la adolescencia (Gao et al., 2009). La maduración de la sustancia blanca –incluyendo la mielinización y el incremento de la complejidad de los circuitos neuronales– apoya el desarrollo de los procesos cognitivos, junto con los cambios que se acompañan en la sustancia gris (Tau y Perterson, 2010). El lóbulo frontal se desarrolla mucho más tarde, se inicia en la infancia y continúa en la adolescencia.<sup>19</sup>

Los estudios de neuroimagen funcional en preescolares muestran que las áreas de la corteza prefrontal se muestran activas durante tareas de Funciones ejecutivas. Por ejemplo, Tsujimoto, Yamamoto, Kawaguchi, Koizumi y Sawaguchi (2004) examinaron la activación de la región cortex prefrontal durante tareas de memoria de trabajo en niños de 5 y 6 años, y se encontraron, además, que los patrones de activación fueron similares a los de los adultos que también participaron en dicho estudio. Usando el electroencefalograma (EEG), Wolfe y Bell (2004) demostraron que la corteza prefrontal media se activa cuando los niños de 4.5 años desarrollan tareas de memoria de trabajo y control inhibitorio. Moriguchi y Hiraki (2011) demuestran que niños de 3 y 4 mejoran el rendimiento en tareas de cambio conceptual y muestran un concomitante incremento en la activación de la región prefrontal inferior.<sup>19</sup>

A partir de los cuatro años aproximadamente cuando empieza a autorregular los propios procesos cognitivos, es decir, se inicia en el proceso de la metacognición (García-Molina et al., 2009) gracias al proceso de mediación que ejercen las personas con las que interactúa. Todo ello favorece la capacidad de controlar y manejar sus emociones para lograr una adaptación adecuada al entorno, siendo el lenguaje su mayor herramienta.<sup>19</sup>

Entre los 6 a 8 años de edad se adquiere la capacidad de autorregulación de la conducta siendo capaz de anticiparse a los eventos sin perder las instrucciones externas, aunque está presente cierto grado de descontrol e impulsividad (Bausela, 2010). La función reguladora del lenguaje es

importante para los procesos de inhibición motora y control de impulsos, aunque no es hasta los 10 años cuando alcanza el pleno dominio de la capacidad inhibitoria.<sup>20</sup>

Al igual que otros procesos ejecutivos, la capacidad de planificación y organización sigue un proceso de desarrollo que abarca un amplio período evolutivo, y alrededor de los 12 años alcanza una organización cognoscitiva similar a la que se observa en el adulto.<sup>20</sup>

Las funciones ejecutivas se desarrollan a lo largo de la infancia y la adolescencia en paralelo con los cambios madurativos que moldean la corteza prefrontal y sus conexiones con el resto del cerebro. Desde un punto de vista neuroevolutivo, la corteza prefrontal es conocida por ser la región del cerebro de desarrollo más lento y que muestra cambios significativos en su desarrollo incluso hasta en la edad adulta. En los primeros 5 años, gracias a la neuroplasticidad, ocurren cambios cruciales en el desarrollo de funciones cognitivas básicas que tienen amplias implicaciones para el desarrollo posterior (Whitebread y Basilio, 2012).<sup>20</sup>

#### **IV.1.6. Neurotransmisores en la Función Ejecutiva**

Existen tres sistemas o circuitos dopaminérgicos en el cerebro: mesolímbico, mesocortical y nigroestriado.<sup>21</sup>

El sistema mesolímbico se origina por neuronas secretoras de dopamina situadas en la región ventral del tegmentomesocefálico y terminan haciendo sinapsis en el sistema límbico. La frecuencia y la descarga de estas neuronas aumentan en respuesta a una recompensa inesperada y disminuyen cuando se omite la recompensa esperada.<sup>21</sup>

El sistema mesocortical se origina en la región ventral del tegmentomesocefálico y proyecta a la corteza parietal, temporal y prefrontal de asociación. Estas neuronas están involucradas en FE como la inhibición de la respuesta, el control motor, la atención y la memoria de trabajo.<sup>21</sup>

La activación de los receptores de la dopamina tipo 2 mejora la memoria de trabajo en tareas motoras de respuesta retardada. La activación de los receptores de dopamina tipo 1 mejora

la memoria de trabajo en tareas motoras de respuestas continuas. La disminución de la dopamina sináptica a nivel de la corteza prefrontal produce alteraciones en la función ejecutiva relacionada con el planeamiento de la respuesta.<sup>21</sup>

El sistema nigroestriado se origina en neuronas dopaminérgicas en la parte compacta de la sustancia negra y proyecta al núcleo caudado y putamen.<sup>21</sup>

#### **IV.1.7. Disfunción ejecutiva**

En el campo de la neuropsicología ha habido siempre un interés por el estudio de las funciones ejecutivas dentro del “síndrome frontal”, pero desde comienzos de la década de los sesenta, paralelamente a los avances en el conocimiento de esta región cortical, el interés se ha intensificado considerablemente. En el contexto clínico se ha acuñado el término de síndrome disejecutivo para definir una constelación de alteraciones cognitivo conductuales relacionadas con la afectación de las funciones ejecutivas.<sup>22</sup>

Así, se ha acuñado el término “síndrome disejecutivo” para definir en primer lugar, las dificultades que exhiben algunos pacientes con una marcada dificultad para centrarse en la tarea y finalizarla sin un control ambiental externo (Baddeley y Wilson, 1988). En segundo lugar, presentan dificultades en el establecimiento de nuevos repertorios conductuales y una falta de capacidad para utilizar estrategias operativas. En tercer lugar, muestran limitaciones en la productividad y creatividad, y en la flexibilidad cognitiva. En cuarto lugar, la conducta de los sujetos afectados por alteraciones en el funcionamiento ejecutivo pone de manifiesto una incapacidad para la abstracción de ideas y muestra dificultades para anticipar las consecuencias de su comportamiento, lo que provoca una mayor impulsividad o incapacidad para posponer una respuesta.<sup>22</sup>

#### **IV.1.8.Trastornos asociados a la alteración de las funciones ejecutivas**

La literatura científica actual coincide en destacar que son numerosos los trastornos, tanto del neurodesarrollo como del adulto, en los que se han descrito alteraciones en las funciones ejecutivas. Pineda expone una clasificación de los trastornos en los que se ha estudiado la afectación de las funciones ejecutivas. Esta afectación está asociada a síntomas también encontrados en personas con lesiones en los lóbulos frontales, como déficit en el sistema de alerta, atención sostenida y selectiva, impulsividad, hiperactividad, déficit en memoria de trabajo, déficit en alguno de los tres mecanismos de control inhibitorio (control de espera, de impulsos o de interferencia), déficit en la autorregulación comportamental, perseveración y rigidez cognitiva, y dificultades en la planificación, entre otros.<sup>23</sup>

Los trastornos del neurodesarrollo en donde se ven afectadas las funciones ejecutivas son: 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.<sup>23</sup>

#### **IV.1.9.Métodos de evaluación de las alteraciones de la función ejecutiva.**

La función ejecutiva puede ser evaluada desde tres perspectivas diferentes y con diferentes objetivos, aunque ninguna de ellas excluye a la otra (Harris, 1995; Welsh&Pennington, 1988; Welsh, et al 1991):

1. Evaluación clínica cualitativa.
2. Evaluación clínica o investigativa cuantitativa.
3. Evaluación experimental.<sup>24</sup>

##### **IV.1.9.1.Evaluación clínica cualitativa**

La evaluación clínica cualitativa se realiza mediante observación directa del paciente, y busca definir los comportamientos y conductas que indiquen la presencia de los síntomas de los

diversos tipos síndromes prefrontales. Los síntomas que han sido relacionados con los síndromes prefrontales son:

- a) dificultades en la atención sostenida,
- b) alteraciones en la autorregulación,
- c) problemas en la organización cognoscitiva y del comportamiento
- d) rigidez cognoscitiva y comportamental.<sup>24</sup>

La evaluación de estos síntomas se realiza durante todo el proceso de consulta neuropsiquiátrica o neurocomportamental, no utiliza ningún instrumento específico diferente a los utilizados para el interrogatorio y la evaluación general. Este tipo de evaluación demanda una gran experiencia clínica y una familiaridad y conocimiento de los fundamentos teóricos relacionados con la estructura de las funciones ejecutivas y las características clínicas de las diversas formas de presentación del síndrome prefrontal. La aproximación clínica es dicotómica y debe determinar si un comportamiento o una conducta específica corresponde a un síntoma o a un estilo cognoscitivo particular.<sup>24</sup>

Los síntomas a observar son:

1. *Impulsividad*: se produce por deficiencia en la inhibición. Cualquier sujeto debe ser capaz de responder con una inhibición frente al autorregulador verbal <<no hacer>>. En la impulsividad patológica el sujeto es incapaz de posponer una respuesta, aunque tenga una instrucción verbal específica para no responder. En los casos extremos se observa el llamado “magnetismo” o “imantación”, es decir la necesidad incontrolable de tocar y manipular todos los objetos del ambiente.<sup>24</sup>

2. *Inatención*: Se genera por falta de desarrollo de un adecuado control mental y monitoreo sobre la naturaleza de los comportamientos y sus consecuencias. El sujeto se muestra inestable, distraído e incapaz de terminar una tarea sin control ambiental externo.<sup>24</sup>

3. *Dependencia ambiental*: va ligado a los dos anteriores e indica una falta de planeación, programación y autorregulación comportamental. Un síntoma a observar es la presencia de ecopraxia, es decir la imitación inerte de las actividades de los demás.<sup>24</sup>

4. *Perseverancia patológica y la inercia comportamental*: indica una falta de flexibilidad en la autorregulación de los comportamientos y las conductas. A diferencia de las operaciones cognoscitivas de la función ejecutiva, no existe una relación entre la rigidez cognoscitiva y el nivel de inteligencia, tampoco se observa una relación con las habilidades académicas. Por esta razón se considera la flexibilidad cognoscitiva como la operación más pura de la función ejecutiva. En la inercia comportamental los sujetos son incapaces de detener una acción una vez que esta se ha iniciado, aún cuando reciban la orden explícita de parar, actúan como si no tuviesen freno comportamental, el cual es regulado en el sujeto normal por el lenguaje y el contexto social.<sup>24</sup>

5. *La alteración metacognoscitiva*: Es la incapacidad para reconocer la naturaleza, los alcances y consecuencias de una actividad cognoscitiva, manifestada a través de los comportamientos y de las conductas. El sujeto es incapaz de evaluar conceptual y objetivamente las cosas que hace o dice. Esta alteración tiene que ver con trastornos en lo que en la psicología comportamental se denomina el <<locus de control>>. No hay capacidad metacognoscitiva para sopesar una situación o un evento y atribuir de manera justa las causas del éxito o el fracaso de la acción a los elementos externos o a las decisiones y acciones propias. Este sistema atributivo metacognoscitivo, que inicia su aparición alrededor de los 6 años, debe estar totalmente desarrollado en la adolescencia y debe afinarse y sincronizarse culturalmente para garantizar una adecuada modulación conductual. Un sujeto con una adecuada función metacognoscitiva tendrá un adecuado autoconcepto y evaluará los eventos que suceden a su alrededor sin comprometer su <<Sí mismo>> más allá de los factores que su comportamiento podía controlar, tampoco atribuirá a elementos externos la causalidad de los comportamientos que estaban bajo su control.<sup>24</sup>

#### **IV.1.9.2.Evaluación cuantitativa**

Utiliza pruebas neuropsicológicas estandarizadas para una aproximación clínica más objetiva y especialmente para investigaciones que puedan ser replicables. Tiene la ventaja de que los resultados pueden ser revisados y analizados por otros observadores, pueden también ser



contrastados en cualquier momento con los resultados de otras pruebas para establecer su confiabilidad. La experiencia clínica requerida para establecer los diagnósticos es menor que la que se necesita en la evaluación cualitativa. Tiene la desventaja de requerir más tiempo para la aplicación de las pruebas, su calificación y su análisis clínico, lo cual la hace más costosa (Harris, 1995; Pineda, 1991).<sup>24</sup>

La evaluación cuantitativa requiere tres niveles de análisis de los resultados:

1. *Nivel psicométrico*: intenta establecer un puntaje de destrezas. En este nivel se debe definir si determinada ejecución corresponde o no a un nivel normal para la edad. Este análisis es extremadamente importante en la neuropsicología y en la neurología del comportamiento. Por lo general los puntajes directos obtenidos en las pruebas se convierten en puntuaciones estandarizadas para construir perfiles poblacionales de normalidad. Con esto se pretende determinar si un sujeto o un grupo de investigación están dentro de los rangos de ejecución normal.<sup>24</sup>

2. *Análisis de los Factores Cognoscitivos*: Corresponde a la primera etapa clínica de aproximación a los resultados. Se trata de definir cuáles son las operaciones cognoscitivas necesarias para realizar una tarea específica y cuál o cuáles son las responsables del puntaje obtenido. Por ejemplo, para copiar el test de Bender el niño requiere, además de la atención sostenida básica, de su capacidad de reconocimiento visual, de sus habilidades para orientar objetos en el espacio, de su coordinación visomotriz, y de sus habilidades motoras finas.<sup>24</sup>

3. *Análisis Neuropsicológico del Factor Subyacente a los Errores*: es la etapa clínica más avanzada, y requiere de la cualificación y tipificación de los errores, independiente de las destrezas y habilidades. Aquí deben lanzarse hipótesis y establecer constructos explicativos para los signos (errores) observados, es decir, definir los llamados síndromes neuropsicológicos (Ardila, Rosselli, & Puente, 1994; Ardila, Lopera, Pineda, & Rosselli, 1995; Ardila, 1995; Denckla, 1989; 1996).<sup>24</sup>

Existen varias pruebas que se han utilizado para la evaluación de diversos componentes de la función ejecutiva, los más estudiados son la prueba de Clasificación de tarjetas de Wisconsin (Wisconsin Card Sorting Test), el test de fluidez verbal, la prueba de fluidez de diseños, la organización del aprendizaje; la torre de Hanoi o de Londres, el test de conflicto palabra/color o

Prueba de Stroop, y la prueba de apertura de caminos (TrailMaking Test) (Ardila & Rosselli, 1991; Denckla, 1996; Grodzinski & Diamond Harris, 1995; Passler et al, 1985; Pineda, 1996; Pineda, Cadavid, & Mancheno, 1996<sup>a</sup>; Spreen & Strauss, 1991).<sup>24</sup>

El *test de clasificación de tarjetas de Wisconsin (WCST)* (Heaton, 1981): es el test más utilizado y más conocido para evaluar la función ejecutiva (Ardila & Rosselli, 1992; Denckla, 1996; Grodzinski & Diamond; Harris; 1995; Pineda, 1995; Pineda, Cadavid, & Mancheno; Rosselli & Ardila, 1993; Stuss & Benson, 1986). Se ha sugerido que el WCST es sensible a los daños o a las alteraciones funcionales de la región frontal dorsolateral.<sup>24</sup>

El *test de fluidez verbal: fonológico - /f/, /a/, /s/ - , y semántico - animales y frutas -*: Se mide mediante el número de palabras producidas dentro de cada categoría en un minuto, y es considerado una prueba de producción verbal controlada y programada, que es sensible a las alteraciones en el funcionamiento de las áreas prefrontales izquierdas (Ardila, Rosselli, & Puente, 1994; Benton & Hamsher, 1978, Lesak, 1983).<sup>24</sup>

*Prueba de fluidez de diseños*: es una prueba de fluidez y programación visomotriz, durante la cual se solicita dibujar el mayor número de figuras o formas con o sin sentido durante 3 minutos, en su parte de trabajo libre. En la segunda parte se le establecen restricciones dándole sólo de 4 líneas fijas y permitiendo sólo el diseño de figuras desconocidas o sin sentido en tres minutos. Se puntúan el número de figuras logradas correctamente, el número de errores y el número de perseveraciones (figuras repetidas). No se ha encontrado correlación entre esta prueba y el test de fluidez verbal, por lo que se postula evaluaría la actividad prefrontal derecha (Levin et al 1991; Ruff, Light & Evans, 1987).<sup>24</sup>

La *organización del aprendizaje*: se fundamenta en que una de las funciones de los lóbulos frontales es establecer estrategias de asociación adecuadas para retener la información. Se sabe que los trastornos en la memoria de los pacientes con lesiones frontales son debidos a esta alteración, la cual se explica por desconexión de las zonas frontobasales del sistema límbico (Luria, 1966; Milner, Petrides & Smith, 1985; Passler et al, 1985; Pineda, 1996).<sup>24</sup>

La *torre de Hanoi o la torre de Londres*. Es una prueba de organización y programación visoespacial de una secuencia de movimientos y de memoria operativa. Tiene una versión con 3

anillos y una de 5 anillos de diferentes colores y diferentes tamaños. Para los pacientes con lesiones del lóbulo frontal esta prueba se convierte en casi una tarea imposible (Dalmás, 1993; Harris, 1995; Welsh, Pennington&Groisser, 1991).<sup>24</sup>

*La prueba de conflicto palabra/color o test de Stroop:* Es una prueba que discrimina bien entre personas con daño frontal y normales (Golden, 1981; Harris, 1995). Lo que se busca es inhibir la tendencia automática y responder de manera controlada mediante la solución de estímulos en conflicto (Grodzinski&Diamond, 1992; Spreen& Strauss, 1991). Esta prueba tiene la limitación en los niños y en los analfabetas porque requiere cierto nivel de lectura automatizada.<sup>24</sup>

*La prueba de apertura de caminos (TMT A y B).* Es una prueba que sirve también para mirar la autorregulación, el control de la atención sostenida, y la capacidad de cambiar flexiblemente de una ejecución a otra (Grodzinski&Diamond, 1992; Spreen& Strauss, 1991).<sup>24</sup>

#### **IV.1.9.3. Evaluación experimental**

Es utilizada para la investigación de casos o grupos de casos seleccionados de manera estricta. Se controlan y manipulan todas las variables criterios y los demás factores, para evitar su influencia sobre las variables observadas. El experimento está destinado a medir de manera precisa una sola operación cognoscitiva. En el estudio de la función ejecutiva se han diseñado experimentos para medir la capacidad de control comportamental y conductual (hacer, o no hacer) (Golden, 1981; Luria, 1966); Para observar la impulsividad y la perseverancia (Passler et al, 1985); para analizar la relación entre la función ejecutiva y los paradigmas cognoscitivos genéticos (Welsh, &Pennington, 1988). La limitación de estos estudios está dada por la rigurosidad del método experimental, que demanda de un control total sobre las variables, lo cual puede resultar dispendioso y costoso.<sup>24</sup>

## **IV.2.Realidad Virtual**

### **IV.2.1.Realidad virtual, tecnologías y evaluación de la conducta.**

La realidad virtual es una tecnología que permite crear mediante ordenadores una realidad simulada. Utilizando un ordenador se puede crear un escenario multimedia en el que, a través de un joystick, botón, teclado, etc. un usuario puede interactuar con los elementos programados para ello.<sup>25</sup>

La Realidad Virtual (RV) se caracteriza por esta interacción y por su entorno inmersivo, construyendo una experiencia de “presencia” que hace que el usuario tenga la sensación de estar dentro del entorno simulado.<sup>25</sup>

Las primeras plataformas de RV se diseñaron para grandes industrias cuyo propósito fundamental era crear escenarios que simularan determinadas situaciones en las que el personal especializado pudiera entrenarse. En los últimos años, este campo ha crecido de forma exponencial y se ha producido una enorme expansión de la tecnología de RV. La RV lleva 15 años haciéndose un hueco en el ámbito de la investigación internacional en psicología y en las disciplinas relacionadas con la cognición y la conducta (psiquiatría, neurología, pedagogía, etc.). Varios grupos han sido y son pioneros en investigaciones concretas, orientadas a una gran variedad de patologías o procesos, y han contribuido a fomentar el conocimiento y la apuesta por este tipo de soluciones frente a los test clásicos de papel y lápiz, que siempre han adolecido de falta de validez ecológica y limitaciones en la motivación de uso.<sup>25</sup>

Recientemente se han publicado numerosos e interesantes trabajos sobre aplicaciones de RV en neurociencias, aunque siga siendo un recurso muy poco utilizado en el ámbito clínico porque sólo los grupos de investigación han tenido medios para crearlos y poder desarrollarlos. La ventaja más evidente que nos ofrece esta tecnología es la posibilidad de recrear situaciones similares a la realidad, con una expectación plausible de aumento de la validez ecológica. El enfoque que plantean la mayoría de estudios generados se centra en la evaluación o la rehabilitación de una determinada función cognitiva, con resultados esperanzadores. Sin embargo, muchas veces las investigaciones se han orientado a replicar la misma versión de un test clásico

en un entorno virtual. Este enfoque no da generalmente buenos resultados, ya que es necesario crear nuevos paradigmas que aprovechen al máximo el potencial de la tecnología de RV.<sup>25</sup>

La tendencia es buscar correlaciones con los métodos clásicos de evaluación o tratamiento y, aunque se puedan obtener algunos resultados, no se puede hablar ni de haber mejorado el método de evaluación -por haberlos simplemente replicado en RV-, ni de haber aumentado la validez ecológica del test.<sup>25</sup>

#### **IV.2.2. Evaluación específica de las funciones ejecutivas mediante realidad virtual**

Los tests diseñados para la evaluación del funcionamiento ejecutivo son muy complejos, y uno de sus principales problemas puede ser el de aislar unas funciones cognitivas de otras. La aplicación de la realidad virtual para la evaluación de las funciones ejecutivas se remonta a 1998, cuando el equipo de Pugnetti diseñó un edificio virtual del que había que salir pasando a través de varias puertas. Basado en el test de clasificación de tarjetas de Wisconsin (WCST), los usuarios de este test están obligados a usar las pistas del entorno para ayudar a la correcta selección de las puertas, que varían según las categorías de forma, color y número de ojos de buey (ventanas y mirillas). Al igual que en el WCST, los criterios correctos de elección cambian después de un número fijo de pruebas exitosas y es necesario que la persona cambie de estrategia cognitiva para dar la respuesta correcta (en este caso, pasar con éxito a la habitación de al lado). En este estudio, se comparó un grupo mixto de pacientes neurológicos (con esclerosis múltiple y lesiones cerebrales) con el rendimiento de un grupo control, tanto en el WCST clásico como en una versión computarizada o virtual. Tanto los resultados de las observaciones realizadas por miembros de la familia de los pacientes como los resultados del WCST virtual muestran que los pacientes tienen dificultades en la realización de tareas de la vida diaria.<sup>26</sup>

No obstante, aunque las propiedades psicométricas de la tarea de realidad virtual eran comparables a las del WCST convencional, las correlaciones entre las diferentes estrategias cognitivas utilizadas por los pacientes eran muy débiles, y existían errores específicos de perseveración no observados mediante el test WCST. En sintonía con Shallice y Burgess, los resultados están de acuerdo con la observación de que los pacientes con trastornos ejecutivos a

menudo realizan relativamente bien las pruebas neuropsicológicas tradicionales de la ‘función del lóbulo frontal’, pero muestran un marcado deterioro en el control y monitorización del comportamiento en las situaciones de la vida real.<sup>26</sup>

El experimento realizado por Elkind et al con el test LFAM (Look For a Match) no aportó demasiada claridad, dado que era una mera réplica del WCST computarizado sobre sombrillas de playa, lo cual no aportaba validez ecológica, y era más difícil que la versión de lápiz y papel. Posteriormente, Ku et al utilizaron un entorno virtual parecido a una pirámide egipcia para la evaluación de la función ejecutiva. La pirámide tiene salas hexagonales, cada una con tres puertas con una forma, un color y un sonido asociado que se reproduce al acercarse a la puerta. El usuario tiene que elegir una puerta en cada habitación, como en el de Pugneti et al, y el criterio para acertar la puerta correcta cambia cada cierto tiempo. Si el sujeto elige la puerta equivocada, se reproduce un sonido de error, pero la puerta se abre en cualquier caso. Las habitaciones están conectadas entre sí por pasillos en los que puede haber momias, obstáculos que evitar y distractores. La forma de salir de la pirámide consiste en utilizar estrategias similares a las del test de Wisconsin, y los primeros resultados mostraron correlación entre el test en realidad virtual y el WCST.<sup>26</sup>

El grupo de Kang diseñó y probó un sistema de realidad virtual para evaluar el deterioro cognitivo de pacientes con infarto cerebral. El entorno virtual consiste en un supermercado con 50 artículos colocados en cuatro líneas de estanterías; tiene una sola entrada y una salida, y cuatro refrigeradores con panel de cristal. El sujeto experimental se mueve en el escenario utilizando un joystick, y un casco virtual que sigue los movimientos de su cabeza. Los resultados mostraron una dificultad de habituación a la interfaz muy marcada en pacientes con accidente cerebrovascular, mientras que tanto este grupo como los controles tuvieron dificultades de habituación al entorno virtual. En concreto, las puntuaciones de los cuestionarios sobre mareo, náuseas, problemas oculomotores y desorientación son altas en ambos grupos. Ha habido también otras experiencias que han combinado funciones de evaluación, entrenamiento y rehabilitación, como son el Virtual Store , el Virtual ActionPlanningSupermarket, el Virtual Mall y el Virtual Library Test.<sup>26</sup>

Además, existe una versión en realidad virtual del test de recados múltiples (MultipleErrand Test), llamado V-MET, que con diferentes aproximaciones ha tratado de reproducir tareas de supermercado para evaluar el funcionamiento ejecutivo. El test original

consistía en que el evaluador acompañaba al paciente al entorno de un supermercado real a realizar una serie de tareas (con las consiguientes dificultades). El V-MET muestra un supermercado virtual que combina sus funciones de evaluación con las de rehabilitación de personas que han sufrido ictus y muestran déficits del funcionamiento ejecutivo. Examina la capacidad para realizar actividades multitarea, y fomenta la planificación y la resolución de problemas mientras se realiza la tarea de compra. Las tareas incluyen seleccionar recetas, elaborar una lista sobre la que realizar las compras necesarias, y comprar los ítems que aparecen en la lista. Con el fin de aumentar la sensación de estar en un supermercado, el entorno incluye hilo musical, anuncios de ventas y ofertas especiales. Los productos se seleccionan y se sitúan en el carrito usando movimientos de las extremidades superiores, y de ese modo los pacientes ejercitan sus habilidades motoras, cognitivas y metacognitivas.<sup>26</sup>

Todos los tests de funcionamiento ejecutivo mencionados en esta sección muestran los mismos problemas: la mayoría de los entornos virtuales está en una fase experimental o de investigación; se han estudiado en muestras pequeñas; carecen de datos normativos; no tienen una forma estandarizada de aplicación (en algunos casos, cumplen el doble cometido de evaluación e intervención, por lo que se suelen personalizar en su aplicación para cada paciente); y muchos de ellos no son tests, sino herramientas de entrenamiento y rehabilitación.<sup>26</sup>

De las aproximaciones más recientes al estudio del funcionamiento ejecutivo, una proviene de Estados Unidos y otra de nuestro entorno. La primera de ellas, AssesSim Office, es un test de evaluación cognitiva basado en realidad virtual desarrollada de forma conjunta entre el Instituto de Tecnologías Creativas de la Universidad del Sur de California y el Laboratorio de Neuropsicología y Neurociencia del centro de investigación de la Fundación Kessler. AssesSim Office fue desarrollado para completar el trabajo existente y capturar elementos de las funciones ejecutivas no recogidos por los entornos virtuales existentes hasta la fecha. El test AssesSim Office evalúa el rendimiento en tareas de atención selectiva y dividida, resolución de problemas complejos, memoria de trabajo y memoria prospectiva.<sup>26</sup>

La aplicación se basa en el entorno virtual AssesSim y presenta una serie de tareas realistas para la evaluación de capacidades cognitivas. Se espera que la combinación de diversas tareas con diferentes niveles de prioridad (por ejemplo, una tarea de toma de decisiones basada en reglas, una

tarea de tiempo de reacción, una tarea de atención dividida) simule escenarios desafiantes que sean similares a las demandas de un entorno laboral real. Las tareas concretas incluyen responder a correos electrónicos (atención selectiva), decidir si aceptar o rechazar ofertas inmobiliarias según criterios concretos (toma de decisiones compleja con componente de memoria de trabajo), imprimir las ofertas que cumplen criterios concretos, tanto si se aceptan como si no, recoger las ofertas impresas de la impresora y dejarlas en el archivo (memoria de trabajo), y asegurar que el proyector de la sala de conferencias permanece encendido (atención dividida).<sup>26</sup>

Asimismo, se evalúan otras conductas ajenas a las tareas concretas que pudieran ser signo de inatención o conductas perseverativas. Se espera que un escenario basado en tareas ecológicamente relevantes sea más sensible a déficits cognitivos en individuos con daño cerebral y pueda predecir el rendimiento cognitivo en entornos reales con mayor precisión.<sup>26</sup>

En agosto de 2013 se presentaron los resultados de un estudio piloto que mostraba diferencias de rendimiento entre pacientes con traumatismo craneoencefálico y controles en las medidas de atención selectiva y dividida, resolución de problemas y memoria prospectiva. En el caso de la esclerosis múltiple, los datos revelaron que AssesSim Office diferenciaba con éxito el rendimiento entre esclerosis múltiple y controles. Hacen falta más estudios para diferenciar patrones de funcionamiento entre individuos con traumatismo craneoencefálico y esclerosis múltiple.<sup>26</sup>

La última propuesta de evaluación neuropsicológica proviene del consorcio español formado por la Fundación Argibide de Pamplona y la empresa **Nesplora** de San Sebastián. Se ha denominado provisionalmente el test del vendedor de helados (Ice CreamSeller Test), y se trata de una herramienta de evaluación neuropsicológica multitareas basada en un entorno virtual (una heladería) para la evaluación de las funciones ejecutivas tanto en población general como en población clínica.<sup>26</sup>

El paciente tiene que hacer el papel de un vendedor de helados en su primer día de trabajo. Al principio del test, recibe instrucciones que tratan de promover un correcto uso del sistema junto con una tarea de entrenamiento de sus tareas principales, seguido de una tarea definitiva (el test en sí mismo). El paciente llevará unas gafas de realidad virtual con un sensor de movimiento que permitirán al usuario ver a su alrededor moviendo la cabeza. Por otra parte, un brazo virtual



permitirá al usuario interactuar con los objetos localizados en el entorno 3D de una forma similar a como lo haría en un entorno real. Con esto se busca aumentar el realismo del test, así como la sensación de inmersión y presencia en el entorno virtual.<sup>26</sup>

En la tarea propia del test, los clientes entrarán en la tienda de helados 14 veces en grupos de cuatro personas, y el usuario les servirá el helado que pidan siguiendo una serie concreta de reglas predefinidas por el jefe de la heladería. Las 14 series se dividen en dos fases:

- Fase de planificación o de ‘dar el turno’: el usuario establece el orden por el que debe servir a los clientes de acuerdo con reglas preestablecidas.
- Fase de ejecución o de ‘servir a los clientes’: los clientes, uno por uno, serán invitados a pedir el helado que desean, y se les atenderá dependiendo del orden establecido por el usuario en la fase de planificación.

El usuario prepara el helado y se lo da al cliente correspondiente. Si el usuario cambia el orden que ha definido en la fase de planificación, o si le da al cliente el helado equivocado, recibirá feedback sobre este evento. De forma transversal, la tarea sufrirá algunas interrupciones: distractores (a los que el usuario debe evitar prestar atención) y cambio de set (cambio en los ingredientes de los helados a partir de la serie 8).<sup>26</sup>

Las variables medidas por el Ice Cream Seller Test incluirán:

- **Planificación:** número total de veces que se han consultado las instrucciones, colocación correcta de elementos, aprendizaje de reglas, errores de planificación.
- **Aprendizaje y memoria de trabajo:** tiempo de aprendizaje de tareas, errores, respuestas correctas consecutivas, número de consultas al libro de recetas, curva de mejora del aprendizaje.
- **Tiempo y velocidad de procesamiento:** tiempo para realizar las tareas 1 y 2, tiempo total, tiempo de respuesta.
- **Atención:** respuesta a los distractores, impulsividad, perseveraciones, actividad motora.

- **Flexibilidad cognitiva:** perseveraciones, inhibición, tiempo de aprendizaje de la nueva configuración de ingredientes de los helados, errores, respuestas correctas consecutivas.

La duración total de la prueba se estima en unos 50 minutos, con el fin de prevenir la fatiga asociada al uso de las gafas de realidad virtual. La prueba se halla aún en fase de pruebas de usabilidad y se espera que sea baremada con población general en los próximos meses.<sup>26</sup>

Otra propuesta por Nesplora es AULA- School, test neuropsicológico para la atención en niños de 6 a 16 años: es una prueba de rendimiento continuo computarizada (CPT) diseñada para evaluar la atención procesos y apoya el diagnóstico de los trastornos de la atención, analiza dentro de un aula de escuela virtual. También es valioso en otros tipos de trastornos, donde los procesos de atención son esenciales como los trastornos generalizados del desarrollo, dificultades para aprender de las deficiencias cognitivas.<sup>27</sup>

AULA-School ofrece puntajes sobre:

1. **Atención sostenida.** La cual es valorada con los aciertos a pulsar. Que corresponden al número de veces que el niño/a debe presionar el botón ante un estímulo y lo presiona.<sup>27</sup>
2. **Atención dividida auditiva y visual.** A través de gráficos compara si el niño/a responde a estímulos auditivos y visuales. De donde se pueden obtener diferencias por canal sensorial comparando los resultados entre ambos tipos de estímulos.<sup>27</sup>
3. **Impulsividad.** Se mide con los aciertos sin pulsar. Que corresponde al número de veces que el niño/a no debe presionar el botón ante un estímulo y no lo presiona.<sup>27</sup>
4. **Actividad motora excesiva.** Refleja los movimientos de la cabeza del niño/a mientras se realiza la prueba. Las gafas 3D usadas en AULA tienen un sensor de movimiento que registra toda la actividad motora del paciente durante la realización del test. Cuando el paciente mueve la cabeza, algunos de estos movimientos pueden hacer que el paciente pierda de vista la pizarra y por lo tanto deje de prestar atención a los estímulos visuales. AULA registra toda la actividad y permite establecer en qué medida esos movimientos, en muchos casos estériles o innecesarios, han sido producidos o no por la presentación de determinados tipos de distractores.<sup>27</sup>

5. **Tendencia a la distracción.** Es medible por medio de la desviación del tiempo de respuesta a los aciertos, esto indica si el tiempo de respuesta es constante a lo largo de la prueba.<sup>27</sup>

6. **Velocidad de procesamiento.** Es valorada por medio de la media del tiempo de respuesta en los aciertos, la cual indica el tiempo medio que transcurre desde que aparece el estímulo hasta que el niño/a presionar el botón.<sup>27</sup>

En este caso es de vital importancia realizar una evaluación exhaustiva y en este contexto Nesplora Aula aporta información útil sobre el perfil de la persona evaluada. Nos permite analizar su capacidad atencional, velocidad de procesamiento, la distractibilidad por la ejecución en presencia y ausencia de distractores, el procesamiento de estímulos auditivos y visuales presentados de forma combinada y la impulsividad. Además, permite monitorizar la rehabilitación que se lleva a cabo.<sup>27</sup>

### **IV.2.3. Programas de intervención temprana en la promoción de las funciones ejecutivas**

#### **IV.2.3.1. Programas escolares**

Uno de los programas con mayor repercusión es el programa Tools of the Mind: The Vygotskian Approach to Early Childhood Education (Bodrova y Leong, 2007). Este programa tiene como fin la mejora de las funciones ejecutivas en la infancia a través de actividades que consisten en el juego dramático, la regulación del habla y juegos de memoria y atención. Estudios que han probado la eficacia de este programa, han demostrado que los niños y niñas que participan en él, no solo mejoran las funciones ejecutivas sino que, estas mejoras se generalizan a otros ámbitos como el comportamiento social o el rendimiento académico. En un ensayo aleatorio, Diamond et al. (2007) encontraron que los niños en edad preescolar con familias con bajos ingresos que participaron en el programa programa Tools of the Mind: The Vygotskian Approach to Early Childhood Education mostraron un mejor rendimiento en funciones ejecutivas que el grupo control.<sup>28</sup>

Otro programa muy relevante en la mejora de las funciones ejecutivas en la infancia es el programa Montessori (Lillard y Else-Quest, 2006). Ambos programas comparten una serie de características comunes: (a) ayudan a que los niños ejerzan control sobre sus funciones ejecutivas y las actividades van incrementando su dificultad; (b) reducen el estrés en el aula; (c) rara vez avergüenzan a un niño; (d) cultivan la alegría, el orgullo y la autoestima de los niños; (e) adoptan una actitud activa y enfoque práctico para el aprendizaje; (f) se acomodan a los diferentes ritmos a los que progresan los niños; (g) hacen hincapié en el desarrollo del carácter, así como el desarrollo académico; (h) hacen énfasis en el lenguaje oral; (i) involucran a los niños en la enseñanza entre compañeros; (j) y trabajan las habilidades sociales.<sup>28</sup>

Muchas de estas características son también compartidas con otros dos programas escolares destinados a la etapa preescolar: Promoting Alternative Thinking Strategies (PATHS, Riggs, Greenberg, Kusche, y Pentz, 2006) y el programa Chicago School Readiness Project (CSRP, Raver et al., 2011). El programa PATHS capacita a los maestros para que fomenten el desarrollo en los niños del autocontrol, el reconocimiento y manejo de los sentimientos, y la resolución de problemas interpersonales. Los niños pequeños experimentan y reaccionan a las emociones antes de que puedan verbalizar lo que les pasa, y a menudo reaccionan impulsivamente y sin control. Por lo tanto, la formación en la verbalización de los sentimientos y la práctica de estrategias de autocontrol consciente (por ejemplo, esperar antes de actuar y el diálogo interno) son algunas de las habilidades que se obtienen. Cuando los niños se molestan, deben parar, realizar una respiración profunda, decir cuál es el problema y cómo se sienten, y posteriormente, construir un plan de acción. Los maestros utilizan técnicas para enseñar a los niños a generalizar las habilidades aprendidas durante el programa PATHS a otros contextos. Después de un año participando en el programa, los niños en edad preescolar mostraron un mejor control inhibitorio y flexibilidad cognitiva que los niños del grupo control. A su vez, los niños que mostraron un mayor control inhibitorio en la fase post-test mostraron menos internalización y externalización de los problemas de comportamiento (Riggs et al., 2006).<sup>28</sup>

Por su parte, el programa Chicago School Readiness Project (CSRP) tiene como objetivo mejorar las posibilidades de éxito en la escuela de los niños en edad preescolar con familias con bajos ingresos. Para ello, se trabaja el ajuste emocional y conductual de los niños pequeños a través de una intervención integral, implementada en el aula. Los niños en edad preescolar con un nivel

socioeconómico bajo que participaron en el programa CSRP mostraron mejores resultados en funciones ejecutivas que sus iguales del grupo control. Igualmente, en los tres años siguientes, obtuvieron mejores resultados que los controles en matemáticas y en lectura y esos logros académicos fueron mediados por mejoras en las funciones ejecutivas (Li-Grining, Raver, y Pess, 2011).<sup>28</sup>

#### **IV.2.3.2. Entrenamiento computarizado**

Uno de los programas computarizados más utilizados es el Cogmed Working Memory Training, basado en la mejora de la memoria de trabajo. El programa de entrenamiento contiene 25 sesiones de entrenamiento, de 30-40 minutos por sesión. Tiene una duración total de 5 semanas, con 5 sesiones por semana. El programa completo incluye una entrevista inicial, una sesión de inicio, 5 semanas de entrenamiento con llamadas semanales del entrenador, acceso a la red de entrenamiento Cogmed, sesión de conclusión final del programa, entrevista semestral de seguimiento y entrenamiento Cogmed ampliado. Diversos estudios han demostrado que los niños que participan en el programa Cogmed Working Memory Training obtuvieron puntuaciones más elevadas en memoria de trabajo que sus iguales del grupo control (por ejemplo, Holmes y Gathercole, 2014; Thorell et al., 2009). Los resultados sugieren que el entrenamiento de la memoria de trabajo puede tener efectos significativos desde la etapa preescolar.<sup>28</sup>

Sin embargo, a pesar de que existen evidencias de que el entrenamiento computarizado puede mejorar la memoria de trabajo de los niños, hasta el momento los intentos de mejorar el control inhibitorio en niños de 4 a 6 años de edad utilizando juegos computarizados, no han tenido éxito (Rueda, Rothbart, McCandliss, Saccomanno, y Posner, 2005; Thorell et al., 2009). No obstante, otras formas de entrenamiento, como por ejemplo los programas escolares anteriormente comentados mejoran la inhibición en niños de 4 a 6 años de edad. Por tanto, puede ser que la formación computarizada no sea la mejor opción para el entrenamiento del control inhibitorio en niños tan pequeños, o bien puede que aún no se haya encontrado la manera de forma óptima las computadoras para mejorar el control inhibitorio (Diamond y Lee, 2011).<sup>28</sup>

### **IV.2.3.3. Actividad física y funciones ejecutivas**

Los bajos niveles de actividad física son comunes en adultos y niños, tanto es así, que se ha producido recientemente un llamamiento a la acción de la “pandemia de la inactividad física” (Kohl et al., 2012). La actividad física es bien conocida por ser beneficiosa para la salud física. Sin embargo, la evidencia también sugiere que está relacionada con la salud mental, incluyendo la función cognitiva, en poblaciones con y sin dificultades psicológicas (Booth et al., 2013).<sup>28</sup>

En las últimas décadas, numerosos estudios han examinado la relación entre la actividad física y el funcionamiento cognitivo. Los resultados recientes indican que la actividad física no sólo mejora el funcionamiento cognitivo en general, sino que también mejora el rendimiento en tareas que requieren de las funciones ejecutivas (Donnelly et al., 2016; Khan y Hillman, 2014; Tomporowski et al., 2015).<sup>28</sup>

Un estilo de vida físicamente activo durante la infancia parece tener una influencia positiva en el desarrollo del cerebro. En esta línea, Aadland, Moe, Aadland, Anderssen, Resaland, y Ommundsen (2017) realizaron un estudio en el que participaron 697 niños y encontraron fuertes asociaciones entre las habilidades motoras y las funciones ejecutivas.<sup>28</sup>

En un estudio piloto realizado con niños de 10 a 13 años sobre los efectos del yoga (que implicaban el entrenamiento físico, la relajación y la conciencia sensorial) en las funciones ejecutivas de los niños, se encontró que aquellos niños que practicaron el yoga 75 minutos al día, 7 días a la semana durante 1 mes, mejoraron su planificación y su flexibilidad cognitiva en comparación con aquellos niños que no habían realizado yoga (Manjunath y Telles, 2001).<sup>28</sup>

Igualmente, Lakes y Hoyt (2004) realizaron un estudio en el que asignaron al azar a niños de 5 a 11 años a dos grupos: uno que realizaba educación física tradicional y otro que realizaba taekwondo. Los niños que realizaron taekwondo grupo obtuvieron mejores resultados en memoria de trabajo y control inhibitorio que aquellos que realizaron educación física tradicional. Por tanto, las diferentes dimensiones del desempeño cognitivo, tales como la velocidad de procesamiento, la planificación y las estrategias de control, y la memoria de trabajo, se podrían mejorar con el ejercicio físico y la actividad física regular.<sup>28</sup>

## V. Conclusiones

Las alteraciones de las funciones ejecutivas es un factor que debe detectarse a temprana edad, ya que dichas afectaciones repercuten en el futuro del niño y adolescente en poder utilizar y desarrollar estas habilidades cognitivas de manera adecuadas, ya sea de tener la capacidad de emplear la memoria operativa, la atención flexible y el control inhibitorio. Al emplear la realidad virtual para detectar las disfunciones ejecutivas en niños es una manera eficaz, rápida y valedera que un personal de salud capacitado puede utilizar.

En lo relativo a los estudios revisados se puede determinar que el uso de la realidad virtual sería efectivo para diagnosticar alteraciones de las funciones ejecutivas en niños y adolescentes, así mismo, que la valoración de las funciones ejecutivas y el rendimiento escolar de los niños y adolescentes muestran una relevancia en la adaptación escolar y en el crecimiento de ciertas habilidades cognitivas de interés para el neurodesarrollo de ellos.

La realidad virtual para el estudio de las funciones ejecutivas es una modalidad que ha venido progresando desde hace años con el fin de tener un resultados más válido para una intervención más completa y certera al momento de encontrar una disfunción. De esa forma se demuestra que las pruebas de papel y lápiz no generan cierta precisión a diferencia de los test de la realidad virtual que representan situaciones y ambientes reales que hace su evidencia al momento de la interpretación. Es así que, Lalondea G. et al explica que la fortaleza de la realidad virtual radica en hacer sentir a los participantes que estén en un ambiente real con situaciones similares y demandas naturalistas que reflejan el funcionamiento en la vida real, que a su vez, mejora la validez ecológica de las interpretaciones de los resultados de la prueba.<sup>5</sup> Por esa razón, usar este método de diagnóstico para encontrar alteraciones de las Funciones Ejecutivas resultaría ser una forma útil, fidedigna y más ecológica para los resultados confiables.

Ahora bien, sería eficaz poner en marcha este procedimiento diagnósticos para encontrar el vínculo entre el rendimiento académico y las disfunciones ejecutivas se debe saber cómo está el niño/a o adolescentes en el ámbito escolar, aunque también se tendrá que ver su progresión durante el año escolar. De ahí se puede establecer si dicha alteraciones están afectando su desempeño

escolar, es así donde se observan en los resultados de los estudios de Reyes Cerrillo, S. et al y Araujo Jiménez, E. et en el que probaron esta asociación, y la importancia de esto para la adaptaciones de los niños y adolescente a problemáticas que el docentes les plantee en el aula.<sup>6,7</sup> No obstante, ellos realizaron estos análisis con prueba de papel y lápiz resultaría más competente implementar la realidad virtual como método diagnóstico por las virtudes que ya se conocen.

A pesar que existen estudios que comprueben la importancia de la valoración de las alteraciones de las funciones ejecutivas y la relación de estas con el rendimiento, sería congruente seguir investigando para así obtener información justa acerca de los perfiles de los niños y adolescentes en las escuelas de nuestro país.



## **VI. Recomendaciones**

De a los resultados obtenidos después de realizada esta investigación planteamos lo siguiente:

1. Tomando en cuenta la validez de la prueba se recomienda seguir realizando más investigaciones a fin de que se pueda indagar más en la utilidad de este tipo de test de manera que se pueda obtener un mayor beneficio para quienes de manera rutinaria la utilizan en la práctica clínica y/o profesional por lo que se hará necesario aplicarla en la población de estudio en la cual se quiso enfocar esta monografía.

2. Para estudios posteriores se sugiere hacer un cruzado con las competencias de lectura, escritura y aritmética logradas o por lograr por los niños/as en el ámbito escolar para comparar rendimiento escolar con las alteraciones de las funciones ejecutivas que puedan estar presentes.

3. Debido a que los informes nacionales e internacionales han demostrado que en nuestra población escolar hay un bajo rendimiento académico se recomienda que se promueva en la población la evaluación neuropsicológica de los/as niños/as con el fin de proporcionar orientación oportuna y facilitar la ayuda necesaria a los pacientes, así como brindar las herramientas necesarias a los padres o tutores involucrados en el proceso educativo.

4. Dar relevancia a programas de intervención orientados a los escolares con el fin de estimular sus funciones ejecutivas.

5. Se recomienda la formalización de las políticas públicas nacionales como evaluaciones psicológicas y prevención de la salud física y mental puesto que el entorno familiar y la calidad de vida puede influir en la presentación de esta problemática.

6. Ofrecer medidas de recreación a los niños/as y adolescentes para estimular las funciones ejecutivas y de esta forma se puedan fortalecer la esfera social de ellos.

7. Se recomienda a los profesionales de las neurociencias realizar evaluaciones neuropsicológicas en pacientes propicien la ampliación de este estudio, así como realizar

evaluaciones conforme los casos lo ameriten con el fin de realizar un trabajo observacional, de tipo descriptivo de corte transversal con recolección de datos prospectivos.

8. A la comunidad en general se recomienda tomar conciencia de la necesidad de los niños de recibir la atención multidisciplinaria necesaria para mantener su calidad de vida, tanto académicamente, socialmente y personalmente, puesto que la familia es responsable de la educación.

9. Llevar a cabo este tipo de investigación en escuelas de nuestro país, para así saber cuál es el perfil neuropsicológicos de los niños/as y adolescentes.

10. Para futuros estudios se sugiere tomar en cuenta la posibilidad de encontrar muestras significativas que permitan dar mayor consistencia a la información obtenida en esta investigación.

11. Buscar correlaciones con los métodos clásicos de evaluación que permitan realizar un trabajo más individualizado con los pacientes.

## VII. Referencias bibliográficas

1. TirapuUstárruz, J ET AL. “*Corteza prefrontal, funciones ejecutivas y regulación de la conducta*”. *Neuropsicología de la corteza prefrontal y funciones ejecutivas*. Barcelona, España. 2012.
2. Castaño, J. Aportes de la neuropsicología al diagnóstico y tratamiento de los trastornos de aprendizaje. Servicio de Neuropediatría. Hospital Italiano de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.2002. REV NEUROL ; 34 (Supl 1): S1-S7
3. Fonseca, G. et al. Evidencias de validez para instrumentos de atención y funciones ejecutivas y su relación con el rendimiento escolar. *Temas psicol.* [online]. 2015, vol.23, n.4, pp. 843-858. ISSN 1413-389X. <http://pepsic.bvsalud.org/pdf/tp/v23n4/v23n4a05.pdf>.
4. Iriarte, Y . AULA-Advanced Virtual Reality Tool for the Assessment of Attention: Normative Study in Spain. - PubMed - NCBI [Internet]. Ncbi.nlm.nih.gov. 2016 [citado 22 Enero 2020]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23239784>
5. Lalondea G, Henry b M, Drouin-Germain A, Nolin P, H Beauchamp M. *Assessment of executive function in adolescence: a comparison of traditional and virtual reality tools* [Internet]. Pubmed. 2013 [cited 21 October 2020]. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23867080/>
6. Reyes Cerillo S. et al. “*El rol de la Función Ejecutiva en el Rendimiento Académico en niños de 9 años*”. *Revista Neuropsicología Latinoamericana*. Buenos Aires, Argentina 2015 Vol.7 No. 2 p. 42-47
7. Tamayo L., D. A., Merchán M., V., Hernández C., J. A., Ramírez B., S.M., & Gallo R., N.E. (2018). Nivel de desarrollo de las funciones ejecutivas en estudiantes adolescentes de los colegios públicos de Envigado-Colombia. *Rev.CESPico*, 11(2), 21-36.

8. Rubén Almanzar J, Sánchez Ríos W, del Rosario Toledo A, Taveras Pérez J. Estimulación de las funciones ejecutivas en estudiantes de secundaria en función de los resultados obtenidos en el brief-2 mediante un programa de intervención neuropsicológica [Máster en neuropsicología aplicada a la educación]. Escuela de organización industrial; 2018.
9. León J. et al. “Programa Internacional para la Evaluación de los Estudiantes PISA 2015: Informe Nacional” 2018 Santo Domingo, D.N. República Dominicana, pag. 8
10. Bausela-Herrerías, E. et al. *Déficits ejecutivos y trastornos del neurodesarrollo en la infancia y en la adolescencia*, México, 2019 REV NEUROL ;69:461-469
11. García Fernández T, González-Castro P, Areces D, Cueli M, Rodríguez Pérez C. Funciones ejecutivas en niños y adolescentes: implicaciones del tipo de medidas de evaluación empleadas para su validez en contextos clínicos y educativos. Papeles del Psicólogo. 2014;Vol. 35(3):215-223.
12. Climent-Martínez G, Luna-Lario P, Bombín-González I, Cifuentes-Rodríguez A, Tirapu-Ustárriz J, Díaz-Orueta U. Evaluación neuropsicológica de las funciones ejecutivas mediante realidad virtual. Revista de Neurología. 2014;(58):465-475.
13. García Fernández T, González-Castro P, Areces D, Cueli M, Rodríguez Pérez C. FUNCIONES EJECUTIVAS EN NIÑOS Y ADOLESCENTES: IMPLICACIONES DEL TIPO DE MEDIDAS DE EVALUACIÓN EMPLEADAS PARA SU VALIDEZ EN CONTEXTOS CLÍNICOS Y EDUCATIVOS. Papeles del Psicólogo. 2014;Vol. 35(3):215-223.
14. Ardila A, Ostroski-Solis F. Desarrollo histórico de las funciones ejecutivas. Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría, Neurociencias. 2008;(8):3-5
15. Flores Lázaro J, Ostrosky-Shejet F. Desarrollo neuropsicológico de lóbulos frontales y funciones ejecutivas. 1st ed. México, D.F.: Editorial El Manual Moderno; 2006. Pág. 78
16. Rosselli, M., Matute, E. & Ardila, A. Neuropsicología del Desarrollo Infantil. México: Manual Moderno; 2010.

17. Lopera Restrepo F. Funciones Ejecutivas: Aspectos Clínicos. Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias. 2008;(1).vol. 8 :61-62.
18. Flores Lázaro J.C., Ostrosky-Solís F. Neuropsicología de Lóbulos Frontales, Funciones Ejecutivas y Conducta Humana. Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias, Abril 2008, Vol.8, No . 1, pp. 48-52
19. Bausela Herreras E. Funciones ejecutivas: nociones del desarrollo desde una perspectiva neuropsicológica [Internet]. Scielo.isciii.es. 2014 [citado 24 Octubre 2019]. Disponible en:[http://scielo.isciii.es/pdf/acp/v11n1/03\\_original3.pdf](http://scielo.isciii.es/pdf/acp/v11n1/03_original3.pdf)
20. Fernández-Olaria R, Flórez J. Funciones ejecutivas: bases fundamentales - [Internet]. Downciclopedia.org. 2018 [citado 18 Noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.downciclopedia.org/neurobiologia/funciones-ejecutivas-bases-fundamentales.html>
21. Papazian O, Alfonso I, Luzondo R. Trastornos de las funciones ejecutivas. Rev Neurología. 2006;(42):46.
22. Bausela Herreras E, Santos Cela J. Disfunción ejecutiva: sintomatología que acompaña a la lesión y/o disfunción del lóbulo frontal. Avances en Salud Mental Relacional [Internet]. 2006 [citado 6 Noviembre 2019];5(2):6-7. Disponible en: <https://sid.usal.es/idocs/F8/ART9887/disfuncion.pdf>
23. Delgado-Mejía I, Etchepareborda M. Trastornos de las funciones ejecutivas. Diagnóstico y tratamiento. Revista de Neurología. 2013;(57) S95-103.pp.97
24. A Pineda, D. La función ejecutiva y sus trastornos [Internet]. [citado 19 Octubre 2019]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/David\\_Pineda6/publication/267939106\\_LA\\_FUNCION\\_EJECUTIVA\\_Y\\_SUS\\_TRASTORNOS/links/565f202308ae4988a7be8e4b.pdf](https://www.researchgate.net/profile/David_Pineda6/publication/267939106_LA_FUNCION_EJECUTIVA_Y_SUS_TRASTORNOS/links/565f202308ae4988a7be8e4b.pdf)
25. ClimentMartínez G, BánterlaBonzaga F. Aulanesplora. 2nd ed. Donostia-San Sebastián: Nesplora; 2011.

26. Climent-Martínez G, Luna-Lario P, Bombín-González I, Cifuentes-Rodríguez A, Tirapu-Ustárriz J, Díaz-Orueta U. Evaluación neuropsicológica de las funciones ejecutivas mediante realidad virtual. *Revista de Neurología*. 2014;(58):465-475.
27. Aula - Nexplora | Evaluación objetiva y precisa [Internet]. Nexplora | Evaluación objetiva y precisa. 2019 [citado 3 Octubre 2019] Disponible en: <https://nexplora.com/aula/>
28. Romero López M, Benavides Nieto A, Fernández Cabezas M, Pichardo Martínez M. INTERVENCIÓN EN FUNCIONES EJECUTIVAS EN EDUCACIÓN INFANTIL [Internet]. Redalyc.org. 2017 [citado 17 de Noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3498/349853365026.pdf>

## VIII. Anexos

### IX. VII.1 Cronograma

Actividad	Tiempo: 2019-2020	
Selección del tema	2019	Agosto
Búsqueda de referencias		Agosto- Septiembre
Elaboración del anteproyecto		Septiembre-Noviembre
Sometimiento y aprobación	2019 – 2020	Diciembre
Recopilación de Información		Octubre
Análisis de la información		Noviembre
Redacción del informe		Diciembre
Revisión del informe		Diciembre
Encuadernación		Diciembre
Presentación		Febrero

## VII.4 Presupuesto

### VII.4.1 Humanos

- 2 sustentantes.
- 2 asesores (1 metodológico y 1 clínico)
- Niños/as que participarán en el estudio.

### VII.4.2 Equipos y materiales

	Cantidad	Precio por unidad	Total
Papel bond 20 (8 ½ x 11)	1 resma	250	250
Lápices	2 unidades	10	20
Borras	2 unidades	10	20
Bolígrafos	2 unidades	20	40
Sacapuntas	2 unidades	10	20



Computador	2 unidades	0	0
Hardware: HP Mini 5103 SL196UP#ABA Intel ® Atom (™) CPU N475 1.83 GHz 1.83 GHz RAM 2.00 GB 32 bits			
Impresora: Canon D530	1 unidad	0	0
Software: Microsoft Windows XP			
Presentación: Sony SVGA VPL-		0	

SC2 Digital data Proyector		0	
Toner alternativo HP 79ª Cf279a M12 M26		2,000	2.000

#### **VII.4.3 Información**

Adquisición de			
----------------	--	--	--

#### **VII.4.4 Económicos**

Papelería (copias)	1400 unidades	0.75	1,050
Encuadernación	12 unidades	300	1,800
Alimentación		3,000	3,000
Transporte		3,500	3,500

Inscripción al curso Inscripción del anteproyecto		15,000	30,000
Inscripción de la monográfico		15,000	30,000
Imprevistos			1,000
Libros Revistas Otros documentos Referencias bibliográficas (Ver listado de referencias)			

TOTAL DE GASTOS			70,350
-----------------	--	--	--------

**X. Evaluación**

Sustentantes:

---

Sherley Cruz Reynoso

---

Felicia Clelylix Gómez Paulino

Asesores:

---

Dr. Luis Ortega Pineda  
(Clínico)

---

Dra. Claridania Rodríguez  
(Metodológico)

Autoridades:

---

Dr. William Duke  
Decano Facultad Ciencias de la Salud

---

Dra. Claudia M. Scharf  
Directora Escuela de Medicina

Jurados:

---

---

---

Fecha de Presentación: \_\_\_\_\_

Calificación: \_\_\_\_\_