

**Relación entre habilidades matemáticas y funciones ejecutivas en adolescentes de 15 a 17 años del Departamento de Casanare**

Programa de Psicología UNAB – Extensión UNISANGIL, Sede Yopal

Facultad de Ciencias de la Salud

Universidad Autónoma de Bucaramanga Extensión UNISANGIL

Yopal - Casanare

2022

Relación entre habilidades matemáticas y funciones ejecutivas en adolescentes de 15 a 17 años  
del Departamento de Casanare

Mesa Torres Angie Paola  
Niño Méndez Camila Andrea  
Pastrana Gualdrón Dayana Paola  
Pinto Guzmán Lisdy Julieth

Trabajo de Grado para optar al título de Psicólogo

Asesor: Javier Humberto Parra Pulido, Magister en neurociencias del comportamiento



Programa de Psicología UNAB – Extensión UNISANGIL, Yopal  
Facultad de Ciencias de la Salud  
Universidad Autónoma de Bucaramanga – Fundación Universitaria de San Gil  
Yopal - Casanare  
2022

Cita	(Mesa, Niño, Pastrana & Pinto, 2022)
<b>Referencia</b>  <b>Estilo APA 7 (2020)</b>	Mesa T, A.P, Niño M, C.A., Pastrana G, D.P., Pinto G, L.J. (2022). <i>Matemáticas y funciones ejecutivas en adolescentes de 15 a 17 años del Departamento de Casanare</i> [Trabajo de Grado] Universidad de Autónoma de Bucaramanga Extensión UNISANGIL, Yopal-Casanare.



Programa de Psicología

Universidad Autónoma de Bucaramanga Extensión UNISANGIL, Yopal



Red de Bibliotecas de la Fundación Universitaria de San Gil UNISANGIL Yopal.

**Repositorio Institucional:** <http://centuria.unisangil.edu.co/>

Fundación Universitaria de San Gil UNISANGIL - <http://www.unisangil.edu.co/>

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Fundación Universitaria de San Gil UNISANGIL ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

### **Dedicatoria**

Dedico este proyecto a Dios principalmente quien me ha permitido continuar con este proceso académico y a mi familia, en especial a mi madre y a mi esposo quienes me han fortalecido emocionalmente y me han brindado su apoyo de diferentes modos durante el desarrollo de la investigación.

**Camila Niño.**

Dedicó este trabajo a Dios, a mi familia exactamente mi madre, padre y hermana por ser ese apoyo incondicional en los días más difíciles, a mi pareja por apoyarme en este proceso, creer en mí y darme fuerzas emocionalmente para continuar.

**Angie Mesa.**

Dedico esta investigación a Dios y a mi familia quienes me han formado con valores y reglas, quienes me motivaron constantemente para alcanzar mis metas, además de estar conmigo ayúdame a aprender de mis errores y mis virtudes, hoy les agradezco por haber forjado la persona que soy actualmente; todos mis logros se los dedicó a ustedes entre los que se incluye esta investigación.

**Dayana Pastrana.**

Dedico este trabajo principalmente a Dios, a mi familia, quienes son apoyo y motivación en cada uno de mis proyectos, a mi madre especialmente, quien ha sido pilar fundamental en mi formación profesional. Así mismo, a todas las personas que de una u otra manera hicieron parte de este proceso, gracias por su comprensión, estímulo constante y apoyo incondicional.

**Lisdy Pinto**

### **Agradecimientos**

Agradecemos principalmente a Dios, por proveernos sabiduría y capacidad de entendimiento para poder llegar al final de este arduo y largo trayecto en nuestra formación como profesionales. Al docente Javier Humberto Parra Pulido, Magister en Neurociencias del Comportamiento, por su dedicación, orientación y apoyo en este proceso, sobre todo paciencia en los momentos que se hacía más difícil el desarrollo de este trabajo. Infinitas gracias a nuestras familias por ser la principal fuente de apoyo y razón para culminar un logro más en nuestras vidas, siendo este uno de los primeros pasos en nuestra formación como profesionales. De igual manera a cada una de las instituciones educativas, docentes y estudiantes del Departamento de Casanare que fueron partícipes de este proyecto.

**Nota de aceptación**

---

---

---

**Firma del jurado**

---

**Firma de la Coordinación de Investigaciones del Programa**

---

**Firma de la Dirección del Programa**

---

**Tabla de contenido**

Introducción	12
1 Planteamiento del problema	14
1.1 Pregunta de Investigación	15
2 Justificación	16
3 Objetivos	18
3.1 Objetivo general	18
3.2 Objetivos específicos	18
4 Hipótesis	19
4.1 Hipótesis general	19
Hipótesis específicas	19
4.1.1 Variables.	19
5 Bases Teóricas	23
5.1 Marco Teórico	23
5.1.1 Modelos cognitivos de matemáticas en adolescentes	23
5.1.2 Bases neuronales relacionadas con la cognición matemática	25
5.1.3 ¿Qué habilidades matemáticas se esperan en la adolescencia?	27
5.2 Perspectivas en el estudio de las funciones ejecutivas en adolescentes	30
5.2.1 Desarrollo de las funciones ejecutivas en adolescentes	32
5.3 Estado del arte	34
5.3.1 Relación entre funciones ejecutivas y habilidades matemáticas de los adolescentes	34
5.4 Antecedentes	36
5.4.1 La Cognición Matemática y sus bases neuronales	37
5.4.2 Perspectivas en el estudio de las funciones ejecutivas en adolescentes	40
5.4.3 Relación entre funciones ejecutivas y las habilidades matemáticas de los adolescentes	42

Marco Legal	45
Consideraciones éticas	46
6 Metodología	47
6.1 Tipo de investigación	47
6.2 Diseño de investigación	47
6.3 Población	47
6.4 Muestra	47
6.5 Muestreo	48
6.6 Criterios de inclusión y exclusión	48
6.7 Instrumentos	49
Para la selección de la muestra	49
6.8 Procedimiento	57
Revisión de la Literatura	57
Creación de Protocolo de Investigación	57
Capacitación en la aplicación de pruebas	58
Contacto con las Instituciones	58
Aplicación de instrumentos	59
Creación de base de datos, análisis estadísticos e informe final	60
Análisis estadísticos	60
6.9 Cronograma	61
7 Resultados	62
8 Discusión	65
9 Conclusiones	69
10 Recomendaciones	70
Referencias	71



**Tablas**

Tabla 1..... 19  
Tabla 2..... 61  
Tabla 3..... 62  
Tabla 4..... 63  
Tabla 5..... 64

### Resumen

El propósito de este estudio es identificar si hay alguna relación entre los componentes de las habilidades matemáticas y las variables de las funciones ejecutivas en adolescentes entre 15 y 17 años en colegios públicos y privados del departamento de Casanare, este estudio es cuantitativo con diseño correlacional de corte transversal con una muestra de 46 estudiantes, como medida control se evaluó el CI por medio de las subescalas de Vocabulario y Matrices del WISC IV y WAIS IV dependiendo las edades.

En cuanto a la medición de las variables matemáticas se aplicó la prueba WRAT y para medir los componentes de las funciones ejecutivas se implementó el TEFEA. Los resultados reflejaron una asociación entre el componente de fracciones e inhibición, la cual fue baja directa y estadísticamente significativa, se realizó una regresión logística ordinal, en la que el modelo de predicción arrojó que a medida que aumentan las puntuaciones en inhibición irán aumentando 1.15 veces más de probabilidad tener una puntuación en una categoría mayor en la prueba de fracciones del WRAT. Con relación a este estudio se evidencia que el nivel de las habilidades matemáticas en Casanare y de igual manera en Colombia se encuentra en puntuaciones negativas, reflejando así la baja calidad de enseñanza en el área de matemáticas.

**Palabras claves:** Aprendizaje, funciones ejecutivas, habilidades matemáticas, memoria operativa, inhibición, flexibilidad, adolescentes, relación, fracciones, aritmética, álgebra.

### **Abstract**

The purpose of this study is to identify if there is any relationship between the components of mathematical skills and the variables of executive functions in adolescents between 15 and 17 years in public and private schools in the department of Casanare, This study is quantitative with cross-sectional correlational design with a sample of 46 students, as a control measure, IQ was measured using the Vocabulary and Matrices subscales of WISC IV and WAIS IV depending on age. Regarding the measurement of mathematical variables, the WRAT test was applied and to measure the components of executive functions, TEFEA was implemented. The results showed only an association between the fraction component and inhibition, which was directly low and statistically significant, however, in the absence of a normal distribution, ordinal logistic regression was performed, in which the prediction model showed that as the inhibition scores increase, they will increase 1.15 times more likely to score in a higher category on the WRAT fraction test. In relation to this study, it is evident that the level of mathematical competence in Casanare and in the same way in Colombia is in negative scores, thus reflecting the low quality of teaching in the area of mathematics.

**Keywords:** Learning, executive functions, math skills, working memory, inhibition, flexibility, teens, relationship, fractions, arithmetic, algebra.

### **Introducción**

A través de las habilidades matemáticas los adolescentes logran ejecutar, adquirir, identificar y comprender los problemas matemáticos por medio del pensamiento lógico y numérico. Durante la etapa de la adolescencia se desarrollan habilidades matemáticas en temas tales como álgebra, fracciones y números racionales (Ministerio de Educación Nacional, 1998).

Ahora bien, los seres humanos contamos con habilidades cognitivas denominadas funciones ejecutivas (FE) que están relacionadas con el aprendizaje matemático, estas habilidades ayudan a formar y planificar un comportamiento que va dirigido a un objetivo en específico el cual está relacionado con el aprendizaje de cada componente de las FE como la memoria operativa, la inhibición y la flexibilidad cognitiva (Mejía, 2018).

Hay diferentes aprendizajes que pueden afectar el desarrollo de dichas habilidades, lo que ocasiona deficiencias en la memoria operativa y la inhibición, generando diversas dificultades en las operaciones numéricas y representan afectaciones en la memoria operativa. Las FE son fundamentales para el logro de metas escolares y laborales, ya que estas características facilitan que el adolescente pueda entender y comprender la información requerida para ejecutar funciones curriculares y extracurriculares (Abreu-Mendoza et al., 2018).

Las habilidades matemáticas en la etapa de desarrollo de la adolescencia tienden a ser un proceso complejo en el que las posibles afectaciones que se presenten en el desarrollo podrían afectar el desarrollo de las habilidades matemáticas, llegando incluso a impedir que los jóvenes adquieran el conocimiento adecuado y logren el éxito académico y laboral. Cabe destacar que el aprendizaje matemático tiene diferentes estilos de aprendizaje para que las personas comprendan los problemas matemáticos, se inicia con un contexto verbal y visual para comprender las distintas operaciones o estrategias de conteo informal (Manuocheri y Sriraman, 2020). Por otra parte Dehaene (1992) especifica que el modelo de código triple es el más representativo en esta

etapa, ya que según la operación requerida se realiza el análisis de la información en la magnitud verbal, arábica o analógica presente es en forma de número arábigo, es decir, la solución se logra a partir de una operación o una estrategia de conteo informal, ya que estas características facilitan al adolescente entender y comprender la información requerida para ejecutar funciones curriculares y extracurriculares.

Conforme lo anterior, en el presente trabajo de investigación se pretende identificar qué asociación hay entre las variables matemáticas y las variables de FE en adolescentes en edades entre los 15 a 17 años, es decir, se busca identificar que si al existir alguna relación se podría contribuir a generar planes de intervención enfocados en la mejora de las FE para que haya un buen desarrollo de las habilidades matemáticas.

Para el desarrollo del presente trabajo se buscaron diferentes fuentes bibliográficas, por lo que se encontrará una revisión teórica sobre el desarrollo de las habilidades matemáticas, las Funciones ejecutivas desde el modelo de (Miyake et al., 2000). Así mismo se describen las bases neuronales relacionadas con la cognición matemática y la relación entre funciones ejecutivas y habilidades matemáticas. Entonces con el fin de encontrar dichas asociaciones entre las variables de FE y los componentes de las habilidades matemáticas se aplicaron diferentes instrumentos, a partir de los cuales se identificaron una serie de resultados y conclusiones que se podrán apreciar en el presente documento.

## 1 Planteamiento del problema

Las matemáticas son una ciencia importante en el desarrollo y el diario vivir de los seres humanos, pues a través del conocimiento de estas, las personas tienen la capacidad de resolver problemas numéricos básicos desde la contabilización del tiempo, dinero, hasta problemas algebraicos, trigonométricos y de cálculo (Zaldívar et al., 2018). Así, la cognición matemática es la capacidad que tenemos para interpretar datos numéricos de diferentes categorías, ya que, desde la aritmética y desde los distintos tipos de operaciones matemáticas, se puede reforzar el razonamiento para que los adolescentes aprendan a pensar de forma lógica en determinados problemas del diario vivir en los que están inmersos los números y signos (Manoucheri y Sriraman, 2020).

Sin embargo, no todos los adolescentes logran un nivel de aprendizaje adecuado para su formación estudiantil. El bajo desempeño escolar en las matemáticas a nivel global muestra que 617 millones de adolescentes en el mundo no alcanzan los niveles mínimos de competencias matemáticas, por ende, esto limita el éxito estudiantil (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura - UNESCO, 2017). En nuestro contexto, de acuerdo con el estudio del Ministerio de Educación Nacional (2022) sobre pruebas PISA en el que se evalúan diferentes áreas como lectura, matemáticas y ciencia, se identificó que desde años anteriores se viene presentando falencia en el área de las matemáticas, en donde los estudiantes colombianos presentan menor puntuación con relación a otros países y se sitúan por debajo del promedio mundial de acuerdo con la puntuación establecida por la OCDE.

Se conoce que para el buen desarrollo de las actividades en las que están implicadas las habilidades matemáticas se requiere de un adecuado funcionamiento de las FE (Jacubovich, 2006). Pues las FE son mecanismos que ayudan en la operación de varios procesos cognitivos

permitiendo que haya un comportamiento con propósito, organizado y dirigido al cumplimiento de objetivos. Mediante estudios realizados por Miyake et al. (2000) identificó tres variables que están implicadas dentro el desempeño de los componentes ejecutivos como lo son: la memoria operativa, la flexibilidad y la inhibición que permiten llegar a cumplir un objetivo de la manera más creativa, adaptándose a los cambios y nuevas metas que se presentan en el ser humano durante su desarrollo, al llegar a la adolescencia en la edad de 15 años se marca la diferencia entre las tres variables mencionadas anteriormente, siendo oportuna esta etapa para poder evaluar el rendimiento académico (Abreu-mendoza et al., 2018).

De acuerdo a lo mencionado anteriormente se puede evidenciar que el aprendizaje de las habilidades matemáticas tiende a ser un proceso complejo en los adolescentes, en donde las posibles falencias en el desarrollo de las FE podrían afectar el desarrollo de las habilidades matemáticas, conocer esta relación podría contribuir a generar planes de intervención y mejora sobre las FE que ayuden a propiciar un mejor aprendizaje de uno o varios de los componentes matemáticos. Por lo que se genera la siguiente pregunta de investigación.

### **1.1 Pregunta de Investigación**

¿Cuál es la relación entre las habilidades matemáticas y las funciones ejecutivas en adolescentes de 15 a 17 años del Departamento de Casanare?

## 2 Justificación

De acuerdo con el estudio realizado por Gilmore et al. (2018) el proceso de aprendizaje de las habilidades matemáticas en adolescentes es complejo, ya que tomó un total de 24 países de los cuales el 20% de esa población no puede manejar con precisión cálculos o entender decimales comunes, porcentajes y fracciones. Por ello, es primordial investigar respecto a esta ciencia pues aportará avances importantes sobre los procesos cognitivos que se involucran en la comprensión de las matemáticas. Además, en el informe de la OCDE en el cual se realiza análisis sobre los resultados de las pruebas PISA en las que evalúan lectura, matemáticas y ciencia, identificaron puntajes bajos en el área de las matemáticas (MinEducación, 2022). Por esta razón es indispensable prestar atención a cuáles podrían ser esos factores que afectan el aprendizaje en las matemáticas y que más importante que conocer principalmente la posible relación existente entre los constructos de esta área y las habilidades cognitivas que podrían estar afectando este aprendizaje.

Pues como evidencian los resultados dados por pruebas ICFES del 2018 en calendario A, las instituciones oficiales obtuvieron 8 puntos por debajo del promedio nacional, mientras que las no oficiales estuvieron 30 puntos por encima de este. Cabe resaltar que, el área de matemáticas tuvo una disminución en comparación del año anterior (MinEducación, 2022).

De acuerdo con Abreu-Mendoza et al. (2018) el mal desarrollo de las FE (la memoria operativa, la flexibilidad cognitiva y la inhibición) sería una posible limitante para el aprendizaje de las matemáticas. Ya que las FE están relacionadas con el desarrollo del aprendizaje de las personas, pues a través de estas es posible que se creen ideas creativas ante las diferentes situaciones novedosas que se presentan buscando dar respuesta a los objetivos de estas nuevas situaciones (Latzman et al., 2010). Esto demuestra que las FE ayudan en diferentes áreas del



funcionamiento del ser humano. Sin embargo, no es clara la relación entre estas habilidades cognitivas y las matemáticas en distintas edades como la adolescencia.

Algunas aproximaciones han mostrado una asociación entre las habilidades matemáticas y las FE de tal manera que estas tienen relación con el éxito matemático, pues a través de ellas los adolescentes tienen la capacidad de prestar atención en el momento en que están adquiriendo nuevos conocimientos matemáticos, concentrándose en dicha información. A partir de la memoria operativa podrán recordar la información necesaria para el desarrollo de los nuevos procesos que se van adquiriendo, e incluso cuando se les presenta un problema numérico o situación en la que se amerite el uso de las matemáticas, podrán recordar los procesos para encontrar las soluciones y allí también actuaría la inhibición pues antes de dar una respuesta se analizará de qué manera debe hacerse y cuál es la forma correcta para encontrar dichas soluciones (Abreu-Mendoza et al., 2018).

Se debe tener en cuenta que dichas aproximaciones, en su mayoría se han enfocado en la población de la niñez y la adultez. Por lo que, con la presente investigación se pretende definir dicha relación en los adolescentes entre 15 a 17 años del Departamento del Casanare. De tal manera que, al llevar a cabo esta indagación se permitirá ayudar a que se tomen medidas en los centros educativos elaborando planes de intervención y de mejora que aporten al desarrollo de las FE, contribuyendo a un aprendizaje adecuado de uno o varios de los constructos de las matemáticas. A través de este estudio se abrirá paso a la ciencia básica conociendo premisas que permitirán confirmar si el desarrollo de las FE afecta el aprendizaje de los adolescentes en las matemáticas.

### **3 Objetivos**

#### **3.1 Objetivo general**

- Definir la relación entre las variables de las habilidades matemáticas y las variables de las funciones ejecutivas en adolescentes entre 15 y 17 años en colegios públicos y privados del departamento de Casanare.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Analizar la relación entre la memoria operativa y los constructos de matemáticas de aritmética, álgebra y fracciones.
- Analizar la relación entre la flexibilidad cognitiva y los constructos de matemáticas de aritmética, álgebra y fracciones.
- Analizar la relación entre la inhibición y los constructos de matemáticas de aritmética, álgebra y fracciones.

## 4 Hipótesis

### 4.1 Hipótesis general

Las habilidades matemáticas y las funciones ejecutivas tendrán una relación significativa en adolescentes de 15 a 17 años del departamento de Casanare.

#### Hipótesis específicas

Existe una relación positiva y estadísticamente significativa entre memoria operativa y los constructos de aritmética, álgebra y fracciones.

Existirá una relación positiva y estadísticamente significativa entre la flexibilidad cognitiva y los constructos de aritmética, álgebra y fracciones.

Existirá una relación positiva y estadísticamente significativa entre la inhibición cognitiva y los constructos de aritmética, álgebra y fracciones.

#### 4.1.1 Variables.

A continuación, se describen cuáles fueron las variables de medición que se utilizaron en dicho trabajo.

#### Tabla 1.

*Variables de medición del componente matemático y de las funciones ejecutivas.*

Variables	Definición	Tipo	Categoría Rango	Medida Dependiente
Memoria Operativa	Se define como la habilidad capaz de procesar, manipular y almacenar información interviniendo en procesos cognitivos fundamentales como la comprensión del lenguaje, razonamiento y la lectura (Tirapu. et.al 2005).	Cuantitativo de intervalo	Rango de 1 a 25, recorrido directo Recorrido de 1 a 15 recorrido inverso Rango de 0 a 12 reactivos Puntuación 0-1	TEFEA-Subescala de memoria Operativa. FEA-Subescala de memoria Operativa

<b>VARIABLES</b>	<b>DEFINICIÓN</b>	<b>TIPO</b>	<b>CATEGORÍA RANGO</b>	<b>MEDIDA DEPENDIENTE</b>
Flexibilidad Cognitiva	Diamond (2013) considera la flexibilidad cognitiva como el proceso responsable de generar transformación en diversas conductas y pensamientos dados en diferentes contextos sujetos a cambios, brindando la oportunidad de adaptarnos a estos mismos, relacionados con los demás procesos de control ejecutivo. Introzzi, I. et.al 2015).	Cuantitativo de intervalo	Rango de 1 a 6 por categoría, color/forma/número Rango de 0 a 45 Ítems Tiempo en segundos de cada fase (Suma, resta, flexibilidad).	TEFEA-Subescala de flexibilidad Cognitiva / Colores y formas / Total colores / Formas categorías completas. TEFEA-Subescala de flexibilidad cognitiva. / Alternancia de operaciones / Índice de suma / Índice de resta / Flexibilidad cognitiva.
Inhibición	Diamond (2013) afirma que la inhibición es la capacidad de controlar el comportamiento, la atención y los pensamientos interviniendo en las respuestas inadecuadas principalmente en situaciones de dificultad. Introzzi, I. et.al 2015).	Cuantitativo de intervalo	Rango de 0 a 150. / Tiempo de 0 a 30 segundos por parte A, B y C / Rango de 0 a 10 frases como tiempo de latencia en cada oración. / Puntuación de 0 a 2	TEFEA-Subescala de Inhibición / Palabras y colores.  TEFEA-Subescala de inhibición. / Frases inversas.
Cociente Intelectual (CI)	Campos (2013) afirma que el CI es un valor que estudia las habilidades cognitivas y de igual forma la capacidad intelectual de la persona, este se mide en una escala de 45 a 155, donde 100 es la medida determinante.	Cuantitativo de intervalo	WISC / Matrices Ítems 1 a 26 Vocabulario Ítems 1 a 36	Adaptado al WISC-IV Weschler. Matrices: Puntuación directa, puntuación escalar Vocabulario: puntuación directa, puntuación escalar. Adaptado al WISC-IV Weschler CI-Estimado.

<b>VARIABLES</b>	<b>DEFINICIÓN</b>	<b>TIPO</b>	<b>CATEGORÍA RANGO</b>	<b>MEDIDA DEPENDIENTE</b>
Edad	La RAE define edad, como cada una de las fases en que se encuentra dividida la vida humana. (Real Academia Española, 2021)	Ordinal	Cuantitativa -15 -16 -17	Formato de historia clínica.
Sexo	La RAE, define sexo, como una la condición perteneciente al sexo ya sea, masculino o femenino. (Real Academia Española, 2021).	Nominal	Cualitativa -Femenino -Masculino	Formato de historia clínica.
Grado	La RAE define grado, como un estado o jerarquía en que superan diferentes niveles en diversas situaciones. (Real Academia Española, 2021)	Ordinal	Cuantitativa -Noveno -Décimo -Once	Formato de historia clínica.
Tipo de Colegio	Público Según el Ministerio de Educación, las instituciones públicas son instituciones financiadas completamente por el estado.	Nominal	Cualitativa	Formato de historia clínica
	Privado Según el Ministerio de Educación, las instituciones privadas son financiadas completamente por los padres de cada uno de los alumnos, cuentan con la libertad de toma de decisiones, condiciones y requisitos, rigiéndose de igual manera por la ley educativa.	Nominal	Cualitativa	Formato de historia clínica
Aritmética	La RAE define la aritmética como una parte de las matemáticas que estudia operaciones y números. (Real Academia Española, 2021)	Ordinal	Cuantitativa	Wide-Range Achievement Test (WRAT)
Álgebra	La RAE define el Álgebra como una parte de las matemáticas, que,	Ordinal	Cuantitativa	Wide-Range Achievement Test (WRAT)

<b>Variables</b>	<b>Definición</b>	<b>Tipo</b>	<b>Categoría Rango</b>	<b>Medida Dependiente</b>
Fracciones	mediante números, letras y signos estudia estructuras abstractas. (Real Academia Española, 2021)  La RAE define fracciones como la división de algo. (Real Academia Española, 2021)	Ordinal	Cuantitativa	Wide-Range Achievement Test (WRAT)

*Fuente:* Elaboración propia

## 5 Bases Teóricas

### 5.1 Marco Teórico

#### 5.1.1 Modelos cognitivos de matemáticas en adolescentes

La cognición matemática es la habilidad que nos permite comprender las ideas matemáticas y de cómo es el desarrollo de la comprensión matemática en los adolescentes (Gilmore et al., 2018). Pues bien, para entender cómo se dan los procesos matemáticos en los adolescentes se han propuesto algunos modelos que se mencionan a continuación.

Principalmente, se identificó el modelo de aprendizaje Hebbiano el cual se refiere a un aprendizaje asociativo, es decir, que a través de material de aprendizaje, recompensa o castigo se genera una experiencia en los adolescentes que les permite adquirir nuevos conocimientos (Looi et al., 2016). En este caso para un adolescente que aprende operaciones básicas (sumar y restar) o desarrolla sus habilidades motoras mediante actividades lúdicas y creativas le permiten generar experiencias, que aportan al desarrollo del aprendizaje de dichas operaciones.

Por consiguiente, los adolescentes tienden a poner en práctica el razonamiento fluido que es fundamental al momento de aprender matemáticas, puesto que, a través de este, el adolescente analizará nuevas tareas con facilidad de adquisición de conocimientos matemáticos (Green et al., 2017). Siendo así, se propuso también el Modelo de Código Abstracto el cual, según Damasio (2009) fue propuesto por McCloskey et al. (1990), quien explicaba el funcionamiento normal al recibir la información a través de la captación de estímulos, definiendo tres módulos así: el principal es cuando se percibe el estímulo y se genera una representación abstracta numérica, en el segundo módulo se procesa la información recibida y en el tercer módulo se produce una salida en forma de expresión arábiga, verbal o escrita.

Continuando con Damas (2009), quien presenta el esquema del modelo como si fuera un ciclo, que explica que inicialmente se relaciona la producción de números arábigos mediante el procesamiento y su comprensión; luego se ordenan los dígitos y una vez hecho esto se pueden producir los números de manera verbal, siendo esta la forma como se llegan a entender los números arábigos en forma de operaciones. Es decir, se reconocen las operaciones básicas como la suma, resta, multiplicación y división, que aportan a la resolución de problemas matemáticos, por lo que se determinan tres códigos dentro de los cuales están: la representación verbal, que se refiere al análisis realizado cuando se soluciona alguna operación, por ejemplo, al presentarse una multiplicación se podrá traducir así, en el caso de  $3 \times 4$  se identificará que es tres veces cuatro, y así mismo se genera el resultado de manera verbal. Por otro lado, se encuentra el código de representación de números arábigos, que se refiere a los procesos más complejos como el realizar multiplicaciones de más de dos cifras, es decir, que conlleven a que su salida o resultado sea de manera escrita debido a la complicación de la operación.

Otro modelo que se encuentra en la literatura es el Modelo de Código Triple propuesto por Dehaene (1992) quienes plantearon tres códigos dependiendo de la tarea a realizar. En primer lugar, se planteó el sistema de cantidad o el sentido numérico, que se refiere a la representación semántica no verbal de asociaciones y distancia que hay entre un número y otro. Continuando, con el segundo código el cual es el sistema verbal que es la representación de los números de acuerdo al aprendizaje de memoria como son las tablas de multiplicar. El último código es el sistema visual en el que se plantea que la persona realiza manipulación espacial de los números, es decir, la capacidad del ser humano para visualizar en su mente los números arábigos, realizar restas, hacer comparaciones, y hacer conteo de números (Looi et al., 2016).



Finalmente, Jacobovich (2006) establece que, para el funcionamiento de los anteriores modelos descritos referentes a las habilidades matemáticas, se requiere de un adecuado funcionamiento de las funciones ejecutivas, las cuales ayudarán en la resolución de problemas matemáticos. Al poner en práctica las habilidades matemáticas en cada uno de los modelos especificados en este apartado hay una activación de diferentes áreas cerebrales las cuales se conocerán a continuación.

### ***5.1.2 Bases neuronales relacionadas con la cognición matemática***

Existen diversas áreas cerebrales asociadas a la ejecución de tareas matemáticas. La corteza parietal es la principal área mediadora, así como el área prefrontal, quien brinda la capacidad de razonamiento, resolución de problemas y planificación de la respuesta orientada a la resolución de problemas matemáticos. Por su parte, el área occipital y el área subcortical en la que se involucran áreas como el diencéfalo, la glándula pituitaria, estructuras límbicas, y los núcleos basales entrelazadas conjuntamente en procesos de memoria y comprensión que hacen parte del óptimo funcionamiento de dichas habilidades (Arsalidou et al., 2011). Cuando el ser humano realiza ejercicios matemáticos, en los que se involucra la aritmética y operaciones numéricas tanto leves como complejas se activan dichas áreas, pero en mayor proporción el lóbulo parietal. Se ha demostrado que el surco intraparietal inferior, al generar activación cerebral en números específicos trabaja de forma óptima con números como el 4 que con números como 3, 5 y 7 (Cohen et al., 2010).

De acuerdo a esto, en el apartado anterior se refería el modelo de código triple, el cual según Looi et al. (2016) se definieron tres códigos: iniciando con el sistema de cantidad, interviniendo en dicha tarea el surco intraparietal en sus dos lados izquierdo y derecho, los cuales están asociados con el procesamiento de la información numérica. En cuanto al sistema verbal, se

asocia con la circunvolución angular izquierda, la cual González y Hornauer (2014) mencionaron que tiene que ver con el procesamiento de cálculo, semántica, lectura y escritura y en el sistema visual al parecer se sostiene con el lóbulo parietal superior posterior, que como se mencionó es una de las áreas más importantes en los procesos matemáticos.

Al realizar operaciones de alta complejidad aritmética el área de la corteza occipital y la circunvolución fusiforme (que hace parte del lóbulo temporal y occipital, encargado del reconocimiento visual) se activan para trabajar de manera conjunta en la resolución de dichos ejercicios, dado que los problemas aritméticos también se dan por la interacción de áreas visuales y su vez, se han identificado disociaciones funcionales en la corteza temporal inferior en el reconocimiento de números y letras a la hora de realizar o desarrollar operaciones aritméticas, al realizar comparación de números, multiplicar, sumar y restar. Cabe aclarar, que se reconoce que al desarrollar actividades de este tipo se activan diferentes áreas de la corteza parietal (Allison et al., 1999; Milner y Goodale, 2008).

El cerebro, como parte del sistema nervioso central, es quien regula las funciones, tanto mentales como del cuerpo y quien lidera dicho procesamiento, siendo este fundamental para el desarrollo de operaciones matemáticas en el que se da el funcionamiento de las áreas de la corteza parietal durante la infancia y a lo largo de la adolescencia. En dicho proceso neuronal se ejecutan estas actividades de forma lenta pero que con la edad tienen un mayor crecimiento (Artemenko et al., 2018).

Las áreas generales asociadas al desarrollo de la habilidad matemática son las áreas de la corteza parietal y lóbulo pre frontal encargadas de cierta manera de brindar y ejecutar dicha habilidad, se resaltan de igual manera un estudio realizado por (Artemenko et al., 2018) en el cual se llevaron a cabo diferentes actividades para identificar la adquisición de habilidades aritméticas

y experiencias de resonancia magnética funcional, en la cual se identificó una múltiple activación en la red parietal bilateral en habilidades de operaciones básicas, se evidencio que al realizar operaciones de suma, resta y multiplicación se genera un efecto inverso de complejidad, dado que, en algunos casos presenta mayor dificultad a la hora de desarrollar dichos ejercicios y al mismo tiempo resulta con menor dificultad. Según la red cerebral se reconoce que los adolescentes ya tienen establecidos dichos procedimientos aritméticos, aunque se presenten diferentes cambios a lo largo de su desarrollo. Se logra evidenciar que el patrón de habilidades a desarrollar en las operaciones en adolescentes se da de la misma manera, aunque esté en proceso de desarrollo. Al activarse la red fronto-parietal, la cual incluye regiones como el lóbulo parietal superior (SPL) el lóbulo parietal inferior (IPS), la circunvolución frontal inferior (IFG) y el lóbulo frontal medio (MFG) evidenciándose de esta manera que el procesamiento aritmético en el adulto se activa constantemente a comparación de los niños y jóvenes en los que se evidencia grandes diferencias, pues el procesamiento aritmético parece estar menos activo a lo cual hay poca activación parietal. Por lo mismo, este estudio se ha centrado en identificar los diferentes correlatos neurocognitivos en el procesamiento aritmético y sus niveles de complejidad (Artemenko et al, 2018).

Así como se cuenta con unas áreas determinadas para la ejecución de las habilidades matemáticas en la adolescencia, también se establecen en diferentes estudios cuales son las habilidades matemáticas con las que debería contar el adolescente de acuerdo a su desarrollo.

### ***5.1.3 ¿Qué habilidades matemáticas se esperan en la adolescencia?***

El Ministerio de Educación, MinEducación (1998) publicó un informe sobre los estándares básicos de competencias en matemáticas, en el cual se determinaron las capacidades matemáticas

que tienen los adolescentes en los grados décimo y undécimo en Colombia, donde se identificó que, respecto al pensamiento y sistema numéricos podrán diferenciar los números racionales e irracionales, también reconocerán por medio de métodos numéricos, geométricos y algebraicos la deficiencia y densidad de los números reales. Así mismo, se reconoce que, en cuanto al pensamiento espacial y sistemas geométricos, lograrán precisar de manera visual y algebraica algunas propiedades de las curvas, de acuerdo a las longitudes, diagonales y transversales de un cilindro y cono, en las representaciones cartesianas hallarán la ubicación de objetos geométricos, y lograrán resolver problemas matemáticos de otras áreas. Respecto al pensamiento métrico y sistemas de medidas, tendrán la capacidad de abordar situaciones en las que deba realizar mediciones con precisión, resolverán problemas que requieran la medición de magnitudes, velocidad, aceleración y densidad media. En cuanto al pensamiento aleatorio y sistemas de datos, podrán interpretar resultados de estudios estadísticos, usarán mediciones como la varianza, media, normalidad, covarianza, entre otras, y serán capaces de diseñar experimentos para estudiar o resolver problemas. Y, en cuanto al pensamiento variacional y sistemas algebraicos y analíticos, analizarán las relaciones entre las expresiones algebraicas y gráficas de polinomios.

Con base en lo anterior, se identificó en el estudio de Geary (2000) que los estudiantes de secundaria tendrán unas capacidades básicas, las cuales han aprendido desde la primaria, como son: el identificar la cantidad de conjuntos de elementos sin necesidad de contar uno por uno, y el comprender cómo relacionar los números y signos de mayor y menor que. También, tendrán la capacidad de desarrollar operaciones como la suma y resta de conjuntos pequeños. Por consiguiente, en la secundaria adquirirán competencias numéricas de conteo y aritmética, dentro de las cuales se encuentra la habilidad de traducir los números, es decir, al presentarse el número 130 el adolescente tendrá la capacidad de escribirlo en letras, así mismo identificarán las

operaciones básicas, ya que al saberlas de memoria podrán resolver problemas básicos de matemáticas, en los que al analizarlos encontrarán la manera idónea para dar solución a estos.

Finalmente, se precisó que tendrán la capacidad aritmética de dar solución a los problemas verbales los cuales tendrán una mayor dificultad por lo que, requerirán para su solución mayor análisis e identificarán que para su solución se requiere de más de una operación básica.

Ahora bien, con el paso de los años académicos las habilidades y/o el aprendizaje adquirido se va mejorando de acuerdo a las etapas de desarrollo humano, de acuerdo con Manoucheri y Sriraman (2020) los adolescentes cuentan con un razonamiento covariacional, el cual permite que sea más fácil el entendimiento del cálculo, trigonometría, y estadística, así mismo el identificar las funciones e incluso tener la capacidad de representar gráficamente dicha función. Así mismo, estos autores mencionan el modelo de Van Hiele de 1992 a partir del cual se define que la experiencia es un factor importante a la hora de aprender y se establecen cinco niveles que indican que tienen la capacidad de definir, precisar y comparar las figuras geométricas, así como entender la estructura de un sistema para hallar el teorema de estas figuras, ya que los adolescentes ya deben contar con un conocimiento básico de las matemáticas trigonométricas antes de iniciar la temática algebraica, dado que así facilitará la comprensión de las funciones algebraicas (Manoucheri y Sriraman, 2020).

Es importante mencionar que, las habilidades matemáticas en los adolescentes dependen de la edad, tiempo y experiencias que hayan vivido durante su vida, pues bien, pese a lo contemplado por el MinEducación (1998) y los presentes autores de este apartado, se evidencia que algunas de las habilidades matemáticas no logran ser consolidadas dentro del aprendizaje de las personas, es decir, con el paso del tiempo, quizás en años siguientes a finalizar el bachillerato, no recordarán muchos términos aprendidos. Pues tal como lo sugieren Manoucheri y Sriraman

(2020) no logra hallar la relación entre representaciones algebraicas y gráficas, por lo que, el estudiante en la etapa secundaria realiza generalizaciones a través de procesos cognitivos que van desde lo particular a lo general.

Para el éxito del funcionamiento de las habilidades matemáticas se requiere en concordancia con Cragg y Gilmore (2014) de un factor cognitivo importante que son las denominadas funciones ejecutivas (FE), las cuales en diferentes estudios determinan la correlación entre las matemáticas y las variables de FE que más se han estudiado como lo son la memoria operativa, la inhibición y la flexibilidad cognitiva basados en el modelo de Miyake y colaboradores. En tal sentido es importante realizar una revisión más a fondo de las FE como se hace a continuación.

### ***5.2 Perspectivas en el estudio de las funciones ejecutivas en adolescentes***

Las FE son habilidades cognitivas que ayudan a la elaboración y solución de procesos complejos que aportan al desempeño del ser humano, en sus ocupaciones cotidianas como en el ámbito académico, laboral y emocional (González y Barreto, 2020).

Existen variedad de estudios que han aportado a las FE; sin embargo, el modelo propuesto por Miyake et al, (2000) fue desarrollado con una muestra de adultos, brindando base teórica para que el presente estudio se realizará en adolescentes con los constructos de memoria operativa, inhibición y flexibilidad cognitiva aplicando el análisis factorial confirmatorio para poder analizar la individualidad de los factores.

Las FE son importantes ya que ayudan a hacer planes, fijar metas y llevarlas a cabo con éxito, gestionando y coordinando diferentes actividades al mismo tiempo. La flexibilidad cognitiva permite cambiar la atención cuando es necesario, dirigiéndose hacia las tareas más importantes y manteniéndola mientras se trabaja en ellas. Por su parte, la memoria operativa

permite que el sujeto recuerde la información necesaria y que pueda utilizarla y manipularla cuando sea requerida para lograr un objetivo. En cuanto al control inhibitorio permite que las personas piensen antes de actuar resistiéndose a los impulsos y manteniéndose en la tarea (Latzman et al., 2010). Esto indica que las funciones ejecutivas se ven implicadas en diversas áreas del funcionamiento de las personas incluyendo el ámbito escolar en el área de las matemáticas.

Algunas de las investigaciones que han tomado como base la teoría de Miyake y sus colaboradores fueron las llevadas a cabo por Lehto et. al (2003) quienes han tenido conclusiones similares tomando como grupo poblacional niños y adolescentes que se encontraban en un rango de edad entre los 6 y 16 años, este estudio fue integrado por tres componentes: la memoria operativa, la flexibilidad y la inhibición.

Por lo general los estudios que involucran FE y adolescentes, describen el desarrollo de las FE en esta etapa como la estructuración de las tres variables mencionadas por Miyake et al., (2000) tales como la inhibición, la flexibilidad cognitiva y la memoria operativa, pues en su proceso de desarrollo como una capacidad creciente para resolver conflictos mediante la regulación de otras redes cerebrales (Abreu-Mendoza et al., 2018). Las investigaciones en neurociencias son un gran aporte a las FE en adolescentes, ya que permiten evidenciar como los correlatos neuronales del comportamiento cambian al transcurrir el tiempo y es evidente el desarrollo estructural cerebral y de la CPF que al igual producen cambio en el, desempeño de las tareas y la madurez de los cambios estructurales en las FE (Best y Miller, 2010).

### ***5.2.1 Desarrollo de las funciones ejecutivas en adolescentes***

Para que las funciones ejecutivas se puedan desarrollar existe influencia de varios factores como lo pueden ser la edad, la maduración biológica (Huzinga et al., 2006). En el periodo de la adolescencia existen cambios estructurales en el cerebro que se van desarrollando hasta la edad adulta, este avance genera alteraciones en las zonas que involucran las FE. Por ejemplo, las regiones corticales, la corteza parietal y la corteza prefrontal, de ese modo dando respuesta a las alteraciones en la evolución de la memoria operativa visual (MOV) por los cambios que se dan en la sustancia blanca en el lapso del tiempo entre la adolescencia y la edad adulta, la cual tiene como finalidad almacenar información del pasado al igual que, los elementos que se estén emitiendo y recepcionando en el presente, siempre y cuando sean visibles (Todd y Marois, 2004).

Luck y Vogel (2013) realizaron una investigación que consistió en aplicar una adaptación de la tarea de detección de cambios visuales, para medir la capacidad del efecto de MOV en adolescentes entre los 13-16 años y adultos jóvenes. Llegando a identificar que el grupo de 16 años tiene menor estimación de capacidad que los adultos, es decir que la MOV no está tan desarrollada como la de un adulto. Aunque, una buena puntuación en el rendimiento superior en las tareas de MOV se han relacionado con resultados cognitivos y educativos favorables, observándose falencias en MOV referente a los problemas de aprendizaje en lectura y matemáticas (Szucs et al, 2013).

Por otro lado, Nagel et al, (2013) mediante una medida de lateralización independiente al umbral, pudieron determinar que los adolescentes tienen una actividad cerebral de la memoria operativa pronunciada en el hemisferio izquierdo, exactamente en los lóbulos frontal y parietal. Mientras que la memoria operativa espacial (MOE), producía mayor señal BOLD en el lóbulo derecho, y regiones del lóbulo frontal y temporal. Llegando a concluir que, hay avance



significativo en MO y MOE, donde los comportamientos de estas variables tenían mejoras importantes en la etapa de la adolescencia.

La inhibición es una FE que fue estudiada en adolescentes por Introzzi et al (2016), quienes presentaron hallazgos significativos en la edad de 14-15 años, puesto que, en esta etapa alcanzan la misma eficiencia inhibitoria que un adulto joven de acuerdo con la rapidez del tiempo de respuesta, pues los autores llevaron a cabo comparaciones con niños de 6 a 13 años y adultos jóvenes entre los 18 a 25 años, identificando que los menores logran brindar respuestas con mayor velocidad que los adultos. La inhibición perceptual del desarrollo de esta FE permite tener un mejor desempeño académico y habilidad matemática.

Giller et al, (2018) demostraron que, la flexibilidad cognitiva se da de forma secuencial y evolutiva, mediante un experimento de inhibición que tuvo dos ensayos los cuales se relacionaban con las regiones frontales inferiores derechas y las regiones corticales frontales mediales se identificaron, por el proceso de selección de respuestas inmaduras y de conflicto. La investigación, identificó que se dan cambios en el desarrollo entre la adolescencia y la edad adulta.

Conforme lo expuesto en el marco teórico se evidenciaron diferentes componentes de las matemáticas como lo son el álgebra, las fracciones, y aritmética que los adolescentes ya deberían dominar, además se halló que las FE son indispensables para el rendimiento académico de las matemáticas en los adolescentes pues a partir de estas habilidades cognitivas es posible dar cumplimiento a un objetivo a través del monitoreo y control del pensamiento y de lo que se va hacer (Cragg y Gilmore, 2014). Por lo que, se llevará a cabo una revisión sobre estudios en los que se haya determinado qué correlación existe entre las variables de FE (memoria operativa, inhibición y flexibilidad cognitiva) y los componentes de las habilidades matemáticas.

### 5. 3 Estado del arte

#### 5.3.1 *Relación entre funciones ejecutivas y habilidades matemáticas de los adolescentes*

En un estudio llevado a cabo por Abreu-Mendoza et al. (2018) se pretendía determinar si hay un aporte de las FE a las habilidades matemáticas o si hay contribuciones específicas de las FE a los problemas de aprendizaje matemático y al talento matemático. Este estudio fue realizado en un grupo de 48 adolescentes entre los 14 - 16 años con dificultades de aprendizaje matemático (DAM), desempeño típico (DT) y adolescentes con talento matemático (TM), a quienes se les evaluaron los componentes de las FE (Memoria operativa, inhibición y cambio). En este estudio se controló que las variables de velocidad de lectura, inteligencia verbal y velocidad de procesamiento fueran similares entre los tres grupos. Tanto las matemáticas como las FE se evaluaron mediante subpruebas, donde las puntuaciones más bajas en habilidades visuoespaciales se dieron en el grupo DAM a diferencia de TM quienes obtuvieron mayor capacidad para cambiar entre instrucciones. En cuanto a la resolución de problemas aritméticos con números enteros y decimales los puntajes se relacionaron con las FE de memoria operativa e inhibición, evidenciándose que el grupo DAM tuvo mayor dificultad para su desarrollo.

Por otro lado, la flexibilidad cognitiva se relacionó con la solución de problemas aritméticos con fracciones; así el grupo TM obtuvo una mayor capacidad para resolver estos problemas. Sin embargo, en el componente de fracciones algebraicas básicas no hubo diferencias entre los tres grupos, y finalmente se demostró que existe un deterioro en la memoria visuoespacial ya que hubo una gran diferencia entre el grupo DAM y TP para realizar múltiples dígitos aritméticos (Abreu-Mendoza et al., 2018).

Cabe aclarar que, las FE varían en el desarrollo ya que, los coeficientes de correlación son más altos en la niñez, por lo que es fácil evaluar la memoria operativa, la inhibición y la flexibilidad a los 14 y 16 años dado que existen varias FE que contribuyen a los grupos DAM y TM. Aun así, este rendimiento académico no influye en todos los tipos de habilidades matemáticas. Dicho lo anterior, al estar algunos de los componentes de las FE vinculadas con los procesos matemáticos, el deterioro de alguno de ellos podría afectar el aprendizaje de las matemáticas. Igualmente, la inhibición está vinculada con el conteo y la flexibilidad con la resolución de problemas, ejerciendo un efecto predictor del éxito o fracaso de las matemáticas (Abreu-Mendoza et al., 2018).

En el estudio de Mejía (2018) evaluaron a un grupo de adolescentes con el Cuestionario de Madurez Neuropsicológica Escolar CUMANES Y la ENFEN para la evaluación del funcionamiento ejecutivo. Los autores encontraron que existe una relación negativa moderada entre las funciones ejecutivas y el rendimiento académico, se evidenció que las funciones ejecutivas tuvieron un nivel bajo y el desempeño matemático tuvo un nivel alto en lenguaje y literatura, así mismo se identificó que la inteligencia intrapersonal presentó un nivel medio y la inteligencias interpersonal obtuvo un nivel alto, a partir de tareas que evaluaban la atención, la flexibilidad, el control inhibitorio y la memoria operativa. Así mismo estas funciones se relacionaron con el desarrollo físico y social de los adolescentes permitiendo que los jóvenes logren un rendimiento alto en las matemáticas. Utilizando una tarea de matemática y de lenguaje, además se encontró una relación inversa con las funciones ejecutivas y la inteligencia, al no haber un buen aprendizaje cognitivo la inteligencia disminuye y los componentes de las FE ejecutivas aumentan, ahí es donde ocurre a la relación negativa de errores de frecuencia y FE. A mayor número de errores de secuencia, menor es el rendimiento en matemáticas.

Así mismo, un estudio llevado a cabo por Verzini y Florencia (2021) mencionan que la inhibición, la memoria operativa y la flexibilidad cognitiva están vinculadas con las dificultades aritméticas y la lectura. Estos componentes fueron evaluados con la torre de Londres, el cual dio como resultado que algunos estudiantes no poseen habilidades para buscar estrategias que ayuden a planificar el problema. La flexibilidad determina un buen rendimiento en las matemáticas porque ayuda a que el adolescente pueda cambiar la estrategia incorrecta por una correcta en situaciones concretas. Demagistri (2018) mencionan que las habilidades de la flexibilidad ayudan a la resolución de los problemas matemáticos, los cuales son: el conocimiento del problema, estrategias de búsqueda, regulación y control del proceso y sistemas de creencias, estas permiten resolver las tareas y los trabajos matemáticos. Los resultados de la investigación indicaron que cuando los adolescentes utilizan la flexibilidad cognitiva obtienen buenas notas en matemáticas por medio de la estrategia de resolución de problemas.

#### **5.4 Antecedentes**

Para la revisión bibliográfica se utilizaron diferentes bases de datos bibliográficas: Scielo, Scopus, Science Direct, Google Académico, y las páginas de búsqueda especializadas como Connected Papers, en donde se identificaron los estudios relacionados con las variables del presente proyecto, se implementaron diferentes palabras o símbolos de operadores booleanos (“y”, “o”, “si”, etc.)

Tipo de filtros y herramientas de operadores booleanos (“y”, “o”, “si”, etc.) y el uso de palabras claves mediante tesauros, esas palabras claves fueron: cognición matemática, desarrollo matemático, bases neurobiológicas de la cognición matemática, funciones ejecutivas, desarrollo de FE en adolescentes, relación entre funciones ejecutivas y matemáticas, evidenciándose unos criterios de inclusión en la literatura como el buscar en artículos o revistas de alto impacto o tesis

de nivel de maestrías y doctorado. Finalmente, se clasificaron según categorías, con el fin de esclarecer y generar una mayor comprensión del tema.

#### ***5.4.1 La Cognición Matemática y sus bases neuronales***

“¿Qué subyace a las Multiplicaciones? Evidencias de una tarea de magnitud con priming enmascarado” fue una investigación llevada a cabo por Damas (2009) en San Sebastián ciudad de España, la cual tenía como objetivo analizar la implicación de los códigos lingüísticos en la resolución de operaciones aritméticas, para lo cual se centran en los modelos de código abstracto de McCloskey y el modelo de código triple. Para este proyecto se tomó una muestra de 26 estudiantes de la facultad de Psicología de edades comprendidas entre 21 y 28 años, para su medición se implementaron estrategias como un experimento denominado “priming enmascarado”, “priming de repetición”, a través de los cuales identificó que hay una relación con el modelo de triple código, pues por medio de este se facilita la tarea verbal de la lectura de un número antes de multiplicarse, y se encontró que esto no ocurre cuando las tareas son enfocadas a la semántica.

Además, se identificó el proyecto titulado “Desde la infancia hasta la edad adulta: el desarrollo de las habilidades numéricas” de Geary (2000) realizada en diferentes Naciones Europeas en el cual se hizo un recuento de las habilidades matemáticas con las que cuentan las personas en sus diferentes etapas de desarrollo, enfocados en que la adquisición de estas actividades depende de si la persona cuenta con trastornos neurológicos, pues al ser así se dificulta este aprendizaje. Por consiguiente, se realizó una revisión bibliográfica en la que se logró identificar que las competencias matemáticas secundarias parten muchas veces de las competencias primarias, es decir, las bases teóricas aprendidas en los grados de primaria. Además, dichas competencias varían de una población a otra, pues en otros países puede que dominan más las competencias secundarias.

Continuando con la cognición matemática en cuanto a las bases neuronales que participan allí, se halló una revisión titulada “Modelos actuales de procesamiento del número y el cálculo” empleada por Looi et al. (2016) en Oxford, llevaron a cabo una revisión la cual tomó como objetivo proporcionar una visión general del progreso en el campo de la neurociencia cognitiva y el aprendizaje matemático, identificando que existen unos modelos de aprendizaje a la hora de comprender las matemáticas tales como el aprendizaje Hebbiano y el modelo de código triple, en los cuales para dicho aprendizaje se ven inmersas algunas áreas cerebrales en donde hay una representación de los números. Estas áreas son la corteza parietal, unión temporo-parietal, corteza prefrontal, corteza occipital lateral y circunvolución fusiforme. Ahora bien, existe un desarrollo de la comprensión matemática desde las etapas de infantes, niñez, adolescencia, adultos y ancianos que dependiendo de la estimulación de estos conocimientos será más factible que la persona desarrolle habilidades como la numerosidad, ordinalidad, contando, aritmética simple, así mismo la aritmética de cálculo y la aritmética de los problemas verbales.

Así mismo, en cuanto a la bases neuronales se realizó una revisión que se definió con el título “Modelos actuales de procesamiento del número y el cálculo” realizado por Jacobovich (2006) en la universidad de Buenos Aires, Argentina en la cual se buscaba identificar la representación del número y proceso de codificación en el cerebro, para lo cual se realizó a través de una revisión identificando que las representaciones arabigas que tienen una relación con las representaciones escritas, las cuales son propias de los adultos ligados al giro fusiforme. Las representaciones orales que también se presentan en los adultos, en el hemisferio dominante por lo general el izquierdo, más preciso en el giro angular. Finalmente, el modo abstracto que es compartido por niños y adultos no alfabetizados involucra los segmentos horizontales de los surcos intraparietales de ambos hemisferios cerebrales.

Por otro lado, “¿Es  $2 + 2 = 4$ ? Metaanálisis de áreas cerebrales necesarias para números y cálculos” fue una metanálisis llevado a cabo por Arsalidou y Taylor (2011) en Toronto, Canadá, el cual tenía como objetivo identificar qué estructuras cerebrales participaban en procesos numéricos y computacionales y en el procesamiento de diferentes tipos de operaciones aritméticas, para lo cual se realizó inicialmente una búsqueda bibliográfica respecto al tema y un metaanálisis en el que se realizaron mapas probabilísticos de activación para tareas numéricas y tareas de cálculo por separado, así como tres metaanálisis separados para las operaciones aritméticas, que, según estudios fue aplicado a 698 personas. De esta manera se identificó que en las regiones cerebrales en las que hubo mayor activación para desarrollar las tareas de cálculo fueron las áreas prefrontales, lo cual indica que resolver este tipo de tareas requiere más recursos cognitivos. En cuanto a la suma hubo dominancia en el hemisferio izquierdo en las zonas tales como el lóbulo parietal superior, lóbulo parietal inferior y el giro frontal medio, para la resta era bilateral o izquierda en la ínsula y para la multiplicación era dominante en el hemisferio derecho en áreas específicas como la circunvolución del cíngulo bilateral, la ínsula derecha, el claustro izquierdo, el tálamo bilateral, el cerebelo derecho y el cuerpo caudado derecho.

Finalmente, en una investigación denominada “El razonamiento fluido predice el rendimiento matemático futuro de niños y adolescentes” llevada a cabo por Green et al. (2017) en E.E.U.U., California, la cual buscaba determinar el papel que juega el razonamiento fluido en la adquisición de habilidades matemáticas, por lo que realizaron un diseño secuencial de cohorte longitudinal, tomando una muestra de 201 participantes en las edades entre 5 a 15 años, de los cuales 69 cumplieron con los criterios de inclusión pues sus padres respondieron adecuadamente la batería empleada en cuanto a los comportamientos de externalización o internalización. Así mismo, se aplicaron pruebas tales como la WAIS de Weschler en 1999 implementando la subescala de razonamiento matricial y las pruebas de habilidades cognitivas de Woodcock -

Johnsonen, así como el vocabulario y las habilidades espaciales, en tres momentos. Identificando que el rendimiento académico en las matemáticas está relacionado con el razonamiento fluido pues repercute en el pensamiento y razonamiento matemático, siendo un factor importante en el desarrollo de las matemáticas.

#### ***5.4.2 Perspectivas en el estudio de las funciones ejecutivas en adolescentes***

Lázaro et al, (2014) en su estudio sobre “Desarrollo de funciones ejecutivas, de la niñez a la juventud” identificaron que el desarrollo de las FE se presenta de modo continuo durante la infancia, disminuyendo su avance durante la adolescencia. Aun así, el desarrollo de los procesos cognitivos se va solidificando por medio de los aprendizajes académicos o en el aprendizaje por modelamiento, donde los esquemas mentales, estrategias de memoria-aprendizaje y los elementos psicolingüísticos ayudan a que la flexibilidad cognitiva se desarrolle.

“The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex “Frontal Lobe” Tasks: A Latent Variable Analysis” elaborado por Miyake et al, (2000) tomaron tres FE memoria operativa, flexibilidad cognitiva e inhibición y se colocaron a prueba mediante el desarrollo de tareas complejas como el Test de calificación de tarjetas de Wisconsin, la Torre de Hanoi y el generador de números aleatorios. Mediante un análisis factorial confirmatorio identificaron que las FE memoria operativa, flexibilidad cognitiva e inhibición se encuentran correlacionadas sin embargo pueden ser tomadas de manera individual.

“Caracterización de las funciones ejecutivas en adolescentes del grado noveno de la Institución Educativa Santander de Bucaramanga-Colombia” elaborado por González y Barreto (2020) en Colombia, llevaron a cabo la aplicación de entrevista semiestructurada y encuestas a estudiantes, padres de familia y docentes. Teniendo como objetivo identificar y caracterizar las dificultades relacionadas con las funciones ejecutivas en estudiantes. Esos objetivos se dieron



cumplimiento mediante el tipo de investigación cualitativo y diseño no experimental no descriptivo, con un total de 50 estudiantes con edades entre los 14 y 16 años; en cuanto a la flexibilidad cognitiva los resultados indicaron que los estudiantes tenían características como el olvido de implementos de trabajo pese a llevar una lista de los utensilios, dar inicio a las actividades desde la más sencilla hasta la más compleja sin manejar el tiempo de desarrollo y sumado a ello, se dejan llevar por los distractores presentados durante la elaboración de actividades. En cuanto a las conductas llevadas a cabo, se evidencio que cuando se presenta un problema no le encuentran fácil solución a este y en lo referente a las equivocaciones ajenas y propias existen un manejo de tolerancia a estas, respecto a eventos nuevos deben repetir el instructivo hasta comprenderlo y por último cuando se dan eventos inesperados se pueden comportar apropiadamente los estudiantes, buscando solución a los problemas que se vayan presentando.

Así mismo, se evidenció que los estudiantes respecto a la memoria operativa atienden a las indicaciones para el desarrollo de sus actividades, sin embargo, les cuesta memorizar cierta información como conceptos y definiciones. De igual manera, son capaces de asociar los resultados y recordar respuestas a problemas matemáticos, aunque con frecuencia solicitan que se les repita la información sobre los apuntes de datos y números que toman a diario (González y Barreto, 2020).

Se demostró que, en el control inhibitorio, los adolescentes del grado noveno presentaban diferentes sentimiento y emociones que están relacionadas con su estado de ánimo actual, manifestando cambios de humor frecuentemente y ocasionalmente, lo que ocasiona en ellos una actitud de disgusto y enfado, en situaciones que pueden traer agresiones físicas con un tercero. También, los investigadores observaron que los jóvenes sólo pueden estar sentados por un tiempo

prudente de una hora y con problemas de postura, dando pie a la reiteración del instructivo de permanecer con una postura correcta (González y Barreto, 2020).

#### ***5.4.3 Relación entre funciones ejecutivas y las habilidades matemáticas de los adolescentes***

El estudio titulado “La contribución de las funciones ejecutivas a las dificultades del aprendizaje matemático y de talento matemático durante la adolescencia” fue realizado por Abreu-Mendoza et al. (2018) en la ciudad de Guadalajara México, para determinar si las dificultades de aprendizaje matemático se explican por las mismas funciones ejecutivas que el talento matemático, se evaluaron 3 grupos, el primero fue de las dificultades de aprendizaje matemático (DAM), el desempeño típico (DT), talento matemático (TM), El estudio fue experimental y tuvo una población de 48 adolescentes, los cuales fueron evaluados con las subpruebas de razonamiento matricial y aritmética del WISC-IV, seguidamente con la subescala de matemáticas escrita de ENI, para comparar el desempeño entre los tres grupos en las dos tareas de memoria a corto plazo y seis funciones ejecutivas, realizaron dos ANOVA de comparación entre las variables dependientes realizando una serie de correlaciones de Pearson con las puntuaciones de cada uno de los dos tipos de tareas. Seguidamente una serie de ANOVA de seguimiento para determinar las puntuaciones de las subpruebas en las que estaba presente el efecto principal. El grupo de (DAM) sacó una puntuación baja en las habilidades espaciales, seguidamente el grupo (DT) tuvo puntuaciones altas en todas las pruebas. Por su parte, los adolescentes con talento matemático (TM) obtuvieron mayor capacidad para cambiar entre instrucciones y resolver problemas. El grupo de MLD presentó diferencias en la memoria operativa, en el grupo de TM no tuvo diferencias. La habilidad de cambiar de instrucciones ayuda a distinguir a los adolescentes DT y TM.

Otro estudio sobre la relación entre funciones ejecutivas y habilidades matemáticas fue el de la relación entre inteligencia emocional, funciones ejecutivas y rendimiento académico en

escolares, fue realizado por Mejía (2018) este estudio fue realizado en la Universidad Internacional de La Rioja, España, donde se analizó la relación entre la inteligencia emocional, el funcionamiento ejecutivo y el rendimiento académico en escolares y diseñar un programa de intervención para optimizar su aprendizaje. En la realización del estudio se encontró una relación inversa con las funciones ejecutivas y la inteligencia, al no haber un buen aprendizaje cognitivo la inteligencia disminuye y los componentes de las FE ejecutivas aumentan. Debido a que se obtuvieron dos puntuaciones: el tiempo invertido en completar la tarea FE-t (tiempo) y el número de errores cometidos FE-e (errores), es decir que a mayor número de errores de secuencia, menor es el rendimiento en matemáticas, la investigación fue realizada bajo un diseño descriptivo correlacional, se escogieron 48 adolescentes, los cuales fueron evaluados con pruebas neuropsicológicas para el estudio del rendimiento en matemáticas y lengua y literatura, prueba Función Ejecutiva CUMANES. Para realizar el análisis correlacional, se utilizó el coeficiente de correlación paramétrico de Pearson, debido al tamaño de la muestra suficiente y al tipo de variables de estudio de naturaleza cuantitativa. El funcionamiento ejecutivo, considerando la puntuación total de los errores de secuencia y alternancia de la prueba, se correlacionaron de una manera negativa y moderada con el rendimiento académico en la asignatura de matemáticas. El estudio hace notar la importancia de seguir interviniendo con programas neuropsicológicos que promuevan la mejora del nivel de las funciones ejecutivas, la inteligencia emocional y su relación con el rendimiento académico.

Por otra parte, el estudio de “Las Funciones Ejecutivas y su relación con el rendimiento en matemática en alumnos de 1° año de nivel secundario, llevado a cabo por Verzini y Florencia (2021) realizado en la Universidad Pontificia Universidad Católica de Argentina, para valorar la relación existente entre las funciones ejecutivas y el rendimiento en matemática en alumnos de 1° año de nivel secundario. Los componentes de las FE están vinculados con las dificultades

aritméticas y relacionados con las habilidades matemáticas, para resolver los problemas numéricos o planificar una solución al problema, por lo que cada habilidad facilita la resolución de problemas algebraicos, la investigación fue realizada bajo un análisis de correlación de variables, el cual dio como resultado que algunos estudiantes no adquieren las habilidades para buscar estrategias que ayuden a planificar el problema. La muestra estuvo conformada por 136 alumnos pertenecientes a dos colegio; en el primer colegio se evaluaron 74 alumnos y en el segundo la muestra estuvo conformada por 62 alumnos, los cuales fueron evaluados con diversos test como la torre de Hanói, test de fluidez verbal y tareas Go-No go, test de colores y palabras, test de clasificación de tarjetas de Wisconsin, junto con la tarea de fluidez de diseño y el test de laberintos de Porteus el Trail Making y la “Gambling Task”, se llevó a cabo un análisis por las áreas propuestas en la escala EFECO, atendiendo a la media y a los porcentajes. Se demostró que los alumnos de 1° año de nivel secundario de Mendoza, Argentina, obtuvieron un rendimiento satisfactorio en el área de matemática. Existió una correlación entre dicho rendimiento y las Funciones Ejecutivas. Por último, el estudio comprobó la hipótesis positiva de que existe una relación entre las FE y el rendimiento en Matemática en alumnos de 1° año de nivel secundario, pertenecientes a la provincia de Mendoza, Argentina.

Hay que mencionar además que el estudio de la comprensión lectora, memoria operativa, procesos inhibitorios y flexibilidad cognitiva en adolescentes de 12 a 17 años de edad, fue realizado por Demagistri (2018) este estudio se llevó a cabo en la universidad del Mar de la plata Buenos Aires Argentina, para Contribuir al estudio de las relaciones entre los procesos ejecutivos (memoria operativa, procesos inhibitorios y flexibilidad cognitiva) y el nivel lecto-comprensivo en población adolescente de 12 a 17 años de edad de la ciudad de Mar del Plata. Se encontró que la flexibilidad ayuda a la resolución de los problemas matemáticos, este componente de las FE, tiene diferentes habilidades que ayudan al adolescente a resolver problemas numéricos los cuales

son: el conocimiento del problema, estrategias de búsqueda, regulación y control del proceso y sistemas de creencias; estas permiten resolver las tareas y los trabajos matemáticos. El estudio fue descriptivo-correlacional, con un diseño no experimental ex post facto transversal con hipótesis de diferencia de grupos.

Se escogieron 205 estudiantes, se administraron pruebas screening pertenecientes al Test Leer para Comprender II, Evaluación de MT (AWMA) adaptada al español, Prueba de interferencia, tarea experimental. Se realizó un Análisis de varianza de un Factor (ANOVA). Se observó que los adolescentes mayores alcanzan niveles de desempeño superiores a los más pequeños en todos los procesos ejecutivos; el cual confirma la hipótesis del estudio. El estudio mostró la importancia de la flexibilidad cognitiva en el desempeño de la comprensión lectora entre los adolescentes de 12/13 años el desarrollo de los procesos ejecutivos se encuentra en incremento sin haber alcanzado los niveles de desempeño adultos.

### **Marco Legal**

La Ley 115 de 1994 establece como un objetivo general de la educación profundizar en el razonamiento lógico y analítico con el fin de que se den las interpretaciones y soluciones a los problemas de la ciencia, la tecnología y la vida cotidiana. Este objetivo se puede asociar directamente con los literales c y f de los objetivos específicos de la educación básica en el ciclo de secundaria (art. 22).

La ley 115 de 1994 la educación formal busca promover el razonamiento lógico y analítico por medio de presaberes que ayudan a la elaboración de la resolución de problemas numéricos. El razonamiento lógico abarca diferentes factores que se pueden aprender durante las diferentes etapas del desarrollo. El adolescente aprende los números geométricos, lógicos y analíticos, los cuales están vinculados con la resolución de problemas y operaciones.

Para determinar cómo fortalecer las ramas de la ciencia, los psicólogos hacen uso de la investigación científica, así como se estipula en la ley 1090 de 2006, basándose en principios éticos siempre protegiendo los derechos de los participantes. Mediante la utilización de instrumentos técnicos que tienen validez y confiabilidad, siendo responsabilidad de los investigadores la metodología y resultados de lo que el estudio contenga, velando de los derechos de los participantes aún, cuando la población es menor de edad, ya que deben contar con el consentimiento firmado por el representante legal del menor, para poder vincularse en el estudio. También, conservando el nombre de las entidades que vayan a participar, sin dar a conocer el nombre de estas

### **Consideraciones éticas**

De acuerdo con la Ley 1090 de 2006 en la cual se define el código deontológico de los psicólogos, en el cual en el artículo 13 se establece que los profesionales en psicología deben dar cumplimiento al reglamento para llevar a cabo la ética profesional. Por lo que para el presente estudio se tendrán en cuenta principios tales como: el de no maleficencia, la autonomía, veracidad, solidaridad, lealtad y fidelidad, además de las contempladas en la presente ley. De tal manera que, esta investigación fue de riesgo mínimo, y se realizó enviando un consentimiento informado al acudiente o adulto responsable del menor (Anexo 01) suministrando total confidencialidad de los datos, estableciéndose en la población participante tenían la opción de retiro voluntario; de igual modo, describiendo detalladamente las instrucciones para la realización de las tareas.

Se aplicaron instrumentos estandarizados como lo fueron WISC IV, WAIS IV, WRAT y TEFEA y con base a los resultados arrojados, las instituciones podrán realizar un plan de intervención enfocados a la mejora de la estimulación del desarrollo de las FE.

## 6 Metodología

### 6.1 Tipo de investigación

La presente es una investigación cuantitativa con la que se buscó conocer la relación que hay entre las matemáticas y las FE en un grupo de adolescentes de instituciones públicas y privadas del departamento de Casanare (Hernández et al., 2014).

### 6.2 Diseño de investigación

Se llevó a cabo a través de un diseño de investigación correlacional, por lo que se evaluó la relación entre las habilidades matemáticas y las FE. Así mismo, es de corte transversal no experimental ya que se analizaron los datos obtenidos de las variables en una sola instancia, y no se llevó a cabo ningún tipo de manipulación (Hernández et al., 2014).

### 6.3 Población

Según cifras del Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas - DANE (2022) en Casanare se matricularon en los grados noveno, décimo y undécimo 11.091 estudiantes en instituciones educativas oficiales y 1.190 en instituciones no oficiales, para una totalidad de 12.281 estudiantes matriculados en educación media a nivel Departamental.

### 6.4 Muestra

Se realizó un muestreo *a priori* del cálculo del tamaño de muestra esperado mediante el software G power v3.1.9.4 de Erdfelder et al. (1996) para la obtención de resultados confiables de los análisis estadísticos que se esperan realizar para este trabajo (regresión y correlación). Se tuvo en cuenta un valor alfa de significancia de 0.05, un IC 95%, un tamaño del efecto moderado y una potencia estadística  $\beta-1= 0.80$ . Así, la muestra para el presente estudio estuvo conformada por un mínimo de 46 participantes distribuidos homogéneamente entre hombre y mujeres en las

edades entre 15 y 17 años, que cursan el grado académico noveno, décimo y undécimo de colegios privados y públicos de Casanare.

La muestra final estuvo conformada por un total de 46 participantes donde 47.83% de ellos eran mujeres y el 52.17% eran hombres. El 63% estudiaban en colegios públicos y el 37% restante de colegios privados, distribuidos así: el 69.6% de Yopal, el 15.2% de Támara, el 10,9 de Sabanalarga y el 4.3% de Trinidad, en las dos modalidades de colegios se obtuvo una participación del 2.2% de grado noveno, el 56.5% de grado décimo y el 41.3% de once, con un promedio de edad de 15.89 y con una desviación estándar de 0.82. Cabe resaltar que 33 participantes fueron excluidos de la aplicación ya que no cumplieron con un CI estimado mínimo de 1.5 de desviaciones estándar por debajo de la media, es decir con un punto de corte en 85.

### **6.5 Muestreo**

Se realizó un muestreo por conveniencia, debido a que se tuvo una muestra específica de rango de edades, la cual se eligió por medio de la selección de colegios que permitieron realizar el estudio y de este modo participaron aquellos estudiantes que cumplieron con los criterios de inclusión y de exclusión establecidos. Así mismo, se contó con un muestreo no probabilístico de tipo intencional (Hernández et al, 2014).

### **6.6 Criterios de inclusión y exclusión**

Para la realización de las pruebas, se determinaron unas características con las que la población evaluada tuvo que cumplir, denominados criterios de inclusión, por lo que los participantes en primer lugar debían estar dentro de un rango de edad entre los 15 y 17 años sin ninguna dificultad cognitiva la cual fue corroborada a partir de una anamnesis (Anexo 01), siendo estudiantes de colegios públicos o privados del Departamento de Casanare con un CI estimado a partir de 85. Es importante mencionar que, para el desarrollo de esta investigación los jóvenes



contaron con el respectivo consentimiento informado (Anexo 02), firmado por su representante legal. Por otro lado, se establecieron unos criterios de exclusión en los cuales se determinó que, si el adolescente no respondía los instrumentos o los respondía de manera incompleta, no serían tomados en cuenta para los respectivos resultados finales.

## **6.7 Instrumentos**

### ***Para la selección de la muestra***

Para la selección de la muestra se utilizó un formato de anamnesis (Anexo 02), el cual fue adaptado por el semillero de investigación en Neuropsicología básica y aplicada (NEUROBAP) en donde se recolectó información socio demográfica, la historia clínica del paciente, se identificó si la persona contaba con alguna condición o enfermedad física o patología cognitiva, permitiendo evidenciar que los participantes cumplieran con los criterios de inclusión definidos para el presente estudio.

### **Evaluación de variables**

El Cociente Intelectual (CI) estimado se obtuvo a partir de la combinación de las medidas de Vocabulario y Matrices, las cuales fueron transformadas a una puntuación de cociente intelectual estimado por medio de las tablas de Sattler (2010), utilizando combinación de instrumentos los cuales ayudaron a tener una medida fiable del CI.

Se tomaron las subescalas de Vocabulario y Matrices del WISC IV en el caso de los participantes que estaban entre las edades de 15 a 16 años, a quienes tenían 17 años se les aplicaron las subescalas mencionadas del WAIS IV.

### ***Escala de Wechsler de Inteligencia para Niños IV (WISC IV)***

El WISC IV según versión estandarizada de Wechsler (2007) permite evaluar la capacidad cognitiva de los niños desde la edad de los 6 a 16 años de edad, dicha prueba está estructurada

por 15 Subpruebas y puntuaciones compuestas que miden el CI, la escala de Vocabulario evalúa los procesos de inteligencia cristalizada y comprensión verbal, mientras que las Matrices evalúan los procesos de inteligencia influida, esto a partir de la tarea de Vocabulario que cuenta con 36 ítems y de Matrices con 32 ítems, esto se aplica de forma individual cada una estimación de aplicación de 20 minutos aproximadamente cada uno de ellos.

De acuerdo con Mejía y Albarracín (2013) la consistencia interna de la adaptación española del WISC-IV se ha estudiado mediante el método de dos mitades. El CIT ofrece una puntuación de 0,95 y los Índices presentan coeficientes de fiabilidad que varían entre 0,86 (índice de Velocidad de procesamiento), la fiabilidad media de los tests es de 0,83, y oscila entre 0,72 (Búsqueda de símbolos) y 0,91 (Animales), los errores típicos de medida del WISC-IV varían según el grupo de edad y oscilan entre 3,60 y 5,64 (índice de Comprensión verbal), entre 5,39 y 6,07 (índice de Velocidad de procesamiento), y entre 2,89 y 3,45 (CIT), entre 3,93 y 5,06 (índice de Razonamiento perceptivo), entre 4,24 y 5,82 (índice de memoria operativa), fue validada por la población española en muestra normativa de 806 Índices con confiabilidad adecuada del alfa de Cronbach y niveles adecuados de criterio y de constructo.

#### ***Escala de Inteligencia de Wechsler para adultos IV (WAIS IV)***

En cuanto al WAIS IV según Amador (2012), está compuesta por 15 subpruebas, de las cuales al igual que la prueba WISC IV se implementaron las subescalas de Vocabulario en la que se midió la comprensión verbal del sujeto a partir de 30 ítems y en Matrices el razonamiento perceptivo por medio de 26 ítems, para el desarrollo de estas subpruebas se toma cerca de unos 20 minutos por cada una. El WAIS IV según Amador (2013) genera un coeficiente de fiabilidad dependiendo del grupo de edad, entre 0,72 a 0,93 (pruebas) y entre 0,87 y 0,97 (índices).

La tarea de Vocabulario en estas dos pruebas consistió en que, el examinador nombraba en voz alta una serie de palabras de forma individual y el participante debía darle un significado a

está; en el caso del WISC IV se inició en el reactivo 9 y en WAIS IV en el reactivo 5, de acuerdo con la edad de la población y los criterios de inclusión, para que se de finalización a la prueba deben haber tenido 3 errores consecutivos.

En el desarrollo de la aplicación de la subescala de Matrices al igual que en la explicación anterior, ya sea en la prueba WISC IV o WAIS IV se presentó a cada participante de manera individual una secuencia de dibujos en la cual hacía falta uno, por lo que se le solicitaba al adolescente identificar cuál de las opciones dadas iba en el lugar en blanco. En el caso de la subescala del WISC IV se iniciaba en el reactivo 11 y en la WAIS IV en el reactivo 4.

### ***Wide-Range Achievement Test (WRAT)***

El WRAT IV es una prueba que ha sido estandarizada en Estados Unidos con una muestra de 3.021 sujetos que se encontraban en edades entre los 5 y 94 años, con una consistencia interna que se encuentra en .90 y .91 en rangos de edad de 13-14 y 15-16 años, y sus valores  $r$  de validez concurrente con subpruebas matemáticas similares rango de .50 a .96. También fue adaptada a la población mexicana, con un total de 2.954 niños que se encontraban en niveles escolares de 4, 5 y 6 de primaria; esta investigación permitió comprobar que el WRAT IV era viable para medir las habilidades matemáticas en esa población (Pinto, 2006). Así mismo, se estandarizó en Guadalajara, México por los autores Abreu et al. (2018) quienes realizaron estudio enfocado en determinar si hay correlación entre las dificultades del aprendizaje en matemáticas y las FE en adolescentes de 14 a 16 años en escuelas públicas de Guadalajara, México aplicando la prueba a una muestra de 2.682 estudiantes. Este instrumento permite conocer el nivel de las habilidades académicas básicas, estando estructurada por cuatro subpruebas entre ellas la de ortografía, cálculo de matemáticas, lectura de palabras y comprensión de oraciones. En el presente estudio, se implementó la subprueba de cálculo de matemáticas en su forma B, siendo aplicada a adolescentes que se encontraban entre los 15 y 17 años de edad cursantes de grado noveno,

décimo y once de entidades educativas públicas y privadas.

La prueba está constituida por 40 ítems, tiene una durabilidad de 15 minutos para su realización, los participantes deben tener de apoyo una hoja para la solución de los ejercicios matemáticos, ya que en la hoja de ejercicios se debe colocar netamente la respuesta (Abreu-Mendoza et al., 2018).

Para la presente investigación se realizó estandarización de la prueba WRAT en la subprueba de cálculo matemático con una muestra de 500 participantes en edades entre 15 a 17 años. Cada una de las variables de esta subprueba tuvieron una confiabilidad tomada a partir del alfa de Cronbach en el caso de la variable de aritmética ( $\alpha=0.75$ ), fracciones y álgebra básica ( $\alpha=0.70$ ) y números racionales ( $\alpha=0.58$ ). En cuanto a la validez de contenido se realizó el análisis de Fleiss Kappa en donde se pudo determinar que los índices de concordancia entre evaluadores fueron de “nivel alto” en las variables de coherencia con una puntuación de 0.78,  $<.001$ , relevancia 0.51,  $p<.001$  y claridad 0.78,  $p<.001$  (Avendaño et al., *en preparación*).

### ***Test de Funciones Ejecutivas TEFEA***

El Test de Funciones Ejecutivas TEFEA (Parra, *en preparación*) se desarrolló por parte del director del Semillero de NEUROBAP Javier Humberto Parra Pulido, a partir del uso de seis tareas clásicas de evaluación neuropsicológica que evalúan las tres variables de las funciones ejecutivas de Miyake et al. (2000): inhibición, memoria operativa y flexibilidad cognitiva. Su aplicación es individual y toma un tiempo de duración de 30 a 45 minutos. A continuación, se describirán brevemente las seis tareas de FE.

### **Inhibición de palabras y colores**

Esta tarea se basa en el paradigma clásico de STROOP Golden (1994). En esta tarea el evaluador le enseñará al adolescente el cuadernillo de registro, para que el observe el ejercicio de

ejemplo el cual tiene un aprendizaje previo que le ayudará a comprender mejor la prueba. Es conveniente mencionar que el evaluado tendrá un tiempo límite de 30 segundos para la ejecución de cada una de las partes de la tarea y deberá leer según como se indique sin detenerse hasta que el evaluador diga “tiempo”, por lo que en ese transcurso en la parte A de la tarea debería leer de manera ascendente desde la columna izquierda hasta la derecha los nombres de los colores que observa en tinta negra, asimismo cuando el adolescente se equivoque se le mencionará error “NO para que él corrija la palabra. En la parte B de la tarea se le indicará al evaluado que nombre el color en que está escrita la letra y se le indica de nuevo las instrucciones del tiempo, en la parte C se le menciona que debe decir el color en que están escritas las palabras y no en el que se lee. Esta tarea tiene una medida dependiente del índice de inhibición que resta los aciertos de la parte C del índice A y B que es obtenido dentro de los aciertos de la primera y segunda parte.

### **Frases inversas**

En esta tarea se evaluaron dos categorías al adolescente con base en el Hayling Test (Burgess y Shallice, 1997). En tal sentido, inicialmente se tomó una parte A, la cual consta de 10 oraciones, las cuales les hace falta la última palabra, el evaluado debe responder de manera lógica y lo más rápido posible, ya que esta prueba tiene en cuenta el tiempo de latencia de respuesta. Parte B el evaluador vuelve a leer una serie de oraciones incompletas en donde el adolescente debe ser incoherente con la respuesta y no debe tener ningún sentido con el contexto de la frase, cada prueba tiene dos ejemplos de aprendizaje previo para que el adolescente comprenda la dinámica de la prueba (ej: si yo te digo: para abrir la puerta usamos una...) si él no contesta de manera correcta se le mencionará la respuesta para que él entienda cómo se realiza la actividad, para esta tarea se tiene en cuenta la medida del tiempo de respuesta. Es conveniente mencionar que sólo se tuvo en consideración para la puntuación de la tarea la parte B ya que la parte A es para generar la preponderancia de la respuesta. La medida dependiente de esta tarea se obtiene a

partir del índice de inhibición entre las respuestas correctas de los 10 ítems con el tiempo que toma en responderlas.

### **Recorridos directos**

Esta tarea se basa en los clásicos paradigmas del *Trail Making Test* (Partington y Leiter, 1949). De tal manera que en esta tarea el evaluador facilitará un lápiz y la hoja de los recorridos al participante, donde debe realizar los recorridos directos e inversos, se le explicará al evaluado el ejemplo de la actividad. En este ejercicio la tarea no tiene un tiempo límite, en este caso el evaluado tiene que conectar con una línea los números en orden ascendente que se encuentran dentro del círculo distribuidos aleatoriamente en la hoja sin levantar la mano del papel, las líneas pueden ser curvas o cruzarse durante el trazo, pero no se debe pasar la línea sobre los círculos que no corresponden. Seguidamente se realiza una subprueba, pero con la diferencia que en esta actividad debe conectar números y letras en orden ascendentes de forma alternada (1- A-2-B ...), igualmente se le indica que no puede levantar la mano del papel y que no puede pasar por encima de los círculos. Por último, se le menciona que en caso de que cometa un error, el evaluador se lo indicará para que realice la respectiva corrección y se le mencionará que los errores no se marcan, ya que estos afectarán el tiempo de ejecución del ejercicio. La medida dependiente es el tiempo en segundos en cada una de las partes.

### **Números regresivos**

En esta tarea se basa en Wechsler, de la escala de dígitos de Amador (2012), por lo que en esta tarea el evaluador le indica al participante que debe repetir de forma inversa un conjunto de números que el evaluador le dice verbalmente. En total son 12 ítems con 6 categorías de reactivos que el evaluador le mencionará y le indicará al evaluado que tiene dos reactivos de ejemplos para que comprenda la dinámica del ejercicio. en caso de que el adolescente no responda de forma correcta los dos reactivos del ejercicio el evaluador le dirá la respuesta para que él comprenda la

dinámica de la prueba y logre responder adecuadamente (solo en el ejemplo), así mismo se le indicará que cuando el evaluador termine de mencionar el último número el evaluado deberá emitir la respuesta. Posteriormente se le iniciará a leer cada conjunto de número del reactivo. Así mismo se tiene en cuenta que esta tarea tiene discontinuidad, es decir, en caso de que el adolescente no pueda responder de forma inversa dos ensayos seguidos se finalizará la tarea. La medida dependiente son los aciertos que tiene el participante con un número máximo de 12 ítems y un número mínimo de 2 ensayos.

### **Colores y formas**

Esta tarea está basada en las tareas de cartas de Wisconsin (Heaton et al, 2001). Para la aplicación de esta tarea se requiere de 48 cartas numeradas, cada carta contiene tres formas diferentes las cuales son: (triángulo, círculo y una estrella), igualmente contiene tres colores determinados (amarillo, azul y rojo). En esta actividad se evalúa la capacidad del participante de dar una respuesta flexible cuando se presenta un cambio de condición o de regla, sin que el evaluado tenga conocimiento de dichos cambios. Antes de comenzar la actividad se le mencionará las siguientes indicaciones “esta actividad es poco inusual porque yo no te diré mucha información sobre lo que tienes que hacer. Lo único que vas a saber es que tienes que colocar las cartas una a una donde tu creas que va, con alguna de la carta que ves aquí” solo te diré si está bien o está mal, si el evaluador le indica que alguna está mal, ya la dejará ahí y tratará de poner bien la siguiente tarjeta y así sucesivamente hasta que ya no tengas más tarjetas. La medida dependiente será tomada a partir de los 6 aciertos totales y las 8 categorías que se formen.

### **Alternancia de operaciones**

Esta tarea se basó en el Test de los Cinco Dígitos (Sedó, 2007); para la solución de la tarea alternancia de operaciones el evaluador le mencionará las indicaciones del ejercicio al evaluado,

las cuales son: en la hoja observarás 15 números diferentes, la tarea consiste en que debe sumar mentalmente 3 unidades a cada número y escribir la respuesta en el cuadro que aparece al lado de cada número, el orden es de izquierda hacia la derecha en la fila de arriba como marca la flecha gris, así mismo se le menciona que él debe realizar el ejercicios lo más rápido posible porque estos ejercicios se tomarán por tiempo, además se le indicará que si comete un error no debe corregirlo, ya que afectará el tiempo de ejecución de la tarea, terminada la explicación el evaluador le facilitará un lápiz y la hoja del ejercicio al evaluado para que comience a realizar la actividad. En la parte 2 de la prueba el evaluador le da las siguientes indicaciones al evaluado: “este ejercicio es igual que el anterior solo que ahora debe restar 3 unidades a cada número y escribir la respuesta en el cuadro que está al lado de cada número, en el siguiente orden: de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo a los 15 número que aparecen en el ejercicio”. Además, se le menciona que la actividad la debe realizar lo más rápido posible porque en los ejercicios se registra el tiempo. En la tercera fase se le indica que tiene 15 números diferentes y ahora lo que debe hacer es sumar 3 unidades y resta 3 unidades a medida que va avanzando con cada número y debe escribir el resultado en el cuadro hasta llegar al final. La medida dependiente se obtiene a partir de un índice compuesto que incluye los índices de suma con sus aciertos y tiempo, los índices de resta con sus aciertos y tiempo y el índice de flexibilidad con sus aciertos y tiempo.

Esta prueba fue estandarizada en Casanare-Colombia mediante prueba piloto realizada con una muestra de 46 participantes que se encontraban en un promedio de edad de 15 a 17 años, y su media de 15.89 años con una desviación estándar de 0.82. La confiabilidad de cada una de las tareas que conforman la prueba arrojó valores óptimos mediante el alpha de Cronbach siendo inhibición de palabras y colores ( $\alpha=0.94$ ), frases inversas ( $\alpha=0.81$ ), frases inversas tiempo



( $\alpha=0.94$ ), recorridos directos e inversos tiempo ( $\alpha=0.63$ ), números regresivos ( $\alpha=0.54$ ), colores y formas ( $\alpha=0.67$ ) y alternancia de operaciones ( $\alpha=0.81$ ).

De igual forma la validez de sus contenidos se encuentran divididos en tres constructos de FE de los cuales tenían componentes como se muestran a continuación, Inhibición (inhibición de palabras y colores y frases inversas), Memoria operativa (recorridos directos, recorridos inversos y números progresivos) y Flexibilidad cognitiva (colores y formas y alternancia de operaciones). En su mayoría de acuerdo con el Kappa de Fleiss el p valor fue menor a 0.001 en coherencia, relevancia y claridad a excepción del constructo de inhibición en relevancia el cual fue de 0.002 (Barbosa et al., *en preparación*).

## **6.8 Procedimiento**

Para el desarrollo del presente estudio se ejecutó el siguiente procedimiento:

### ***Revisión de la Literatura***

Inicialmente se llevó a cabo una revisión de la literatura para lo cual se consultaron bases de datos bibliográficas como Scielo, Scopus, Science Direct, Google Académico, y las páginas de búsqueda especializada como Connected Papers, en donde se identificaron estudios relacionados con las variables de la presente investigación.

### ***Creación de Protocolo de Investigación***

Por consiguiente, se realizó la creación del protocolo de investigación en el que se definió la metodología, los objetivos y demás apartados del proyecto. El director del semillero de Neuropsicología Básica y Aplicada (NEUROBAP) junto con los investigadores del estudio tuvieron 3 sesiones para elegir la prueba más adecuada que permitiera cumplir con los objetivos. La prueba TEFEA se elaboró durante varias sesiones, donde por instrucciones del director del semillero se explicaron las diferentes reglas e instrucciones de aplicación de las pruebas. A su

vez, se llevaron a cabo 4 simulacros de preparación con todos los integrantes de la investigación, y se procedió a realizar la aplicación de las pruebas con los adolescentes de los colegios escogidos, seguidamente, se realizó la base de datos con los resultados obtenidos en cada prueba, luego se utilizó el programa de SPSS para hallar la relación entre los componentes de las FE y las habilidades matemáticas. Cabe resaltar que la validación de sus contenidos fue valorada por el juicio de expertos. Por último, la prueba pasó por evaluación de juicio de expertos donde se obtuvo el índice de concordancia.

### ***Capacitación en la aplicación de pruebas***

Se llevaron a cabo tres capacitaciones dirigidas por parte del director del semillero de investigación NEUROBAP Javier Parra, en las que se entrenó a los integrantes del semillero en la aplicación de las pruebas WRAT, WISC IV, WAIS IV y TEFEA; en el desarrollo de estas sesiones el director explicó las instrucciones de aplicación de las pruebas, especificando que a los participantes entre 15 y 16 años se les aplicaría la prueba WISC IV y la prueba WAIS IV sería para evaluar a los adolescentes de 17 años. En estas capacitaciones el director dio el espacio para que el grupo de investigación realizará diferentes simulacros de aplicación entre ellos, con el fin de adquirir la experticia necesaria para la aplicación de instrumentos que se llevó a cabo en las diferentes instituciones.

### ***Contacto con las Instituciones***

Conforme al protocolo definido se inició la búsqueda de instituciones educativas tanto públicas como privadas en distintos Municipios del Departamento de Casanare para la aplicación de instrumentos, realizando contacto con seis instituciones ubicadas en Chameza, Sabanalarga, Támara, Nunchía, Trinidad y Yopal, a las cuales se les remitieron cartas de presentación en las que se les presentó el proyecto y la finalidad de la aplicación de las pruebas, en algunos de estos

Centros Educativos se establecieron contraprestaciones las cuales se enfocaron en definir como compromiso que posterior a la aplicación de instrumentos se desarrollarán talleres enfocados en la salud mental de los estudiantes.

### ***Aplicación de instrumentos***

Para realizar la aplicación de los instrumentos, los integrantes del grupo semillero NEUROBAP se dirigieron a cada una de las instituciones públicas y privadas en donde aplicaron cada una de las pruebas de la siguiente manera:

#### **Wide-Range Achievement Test (WRAT)**

Se realizó aplicación del instrumento WRAT en sesiones grupales para lo cual se tuvo en cuenta que el espacio e iluminación fueran los adecuados. Para iniciar se procedió a explicar las instrucciones de aplicación solicitando a los participantes diligenciar los datos requeridos, luego se verificó que hubieran diligenciado la información allí solicitada, continuando se inició la aplicación del instrumento contabilizando los 15 minutos para su desarrollo. Posterior a ello se entregaron los consentimientos informados a los estudiantes interesados en participar en la aplicación de los instrumentos WISC IV o WAIS IV y TEFEA.

#### **WISC IV o WAIS IV y TEFEA.**

Para la aplicación de estos se realizaron sesiones individuales por lo que se solicitó a las instituciones facilitar un aula en el que hubiera buena iluminación, comodidad y el silencio suficiente para la concentración del estudiante. Antes de dar inicio se le explicó a cada alumno la finalidad de los instrumentos. En tal sentido se procedió a realizar la medición de las FE por lo que se les requirió los consentimientos informados firmados a cada participante y según el protocolo establecido se procedió a iniciar la aplicación del instrumento que mide el CI, de tal manera que se les aplicó primero el WISC IV o el WAIS IV dependiendo la edad de cada

adolescente, siguiente a finalizar con estas pruebas, se procedió a evaluar las FE a partir del instrumento TEFEA para el cual de acuerdo a su desarrollo se fue explicando cada tarea, tomando una totalidad de tiempo aproximado de aplicación en esta fase de 30 a 45 minutos por participante.

### ***Creación de base de datos, análisis estadísticos e informe final***

Finalmente, se consolidaron las bases de datos, se realizaron los estadísticos propuestos en la investigación y luego se realizó la creación del informe final para la sustentación.

### **Análisis estadísticos**

Posterior a la aplicación de los instrumentos WRAT, WISC IV o WAIS IV y TEFEA, se registraron las respuestas de cada uno en diferentes bases de datos. Basado en el diseño de investigación con la información registrada se utilizó el Software Statistical Packet Social Science- SPSS V25( Marôco, 2018). Con este software se realizó una descripción de las variables por medio de estadísticos descriptivos de medidas de tendencia central (media y mediana), medidas de dispersión (desviación estándar) y medidas de distribución (asimetría y Curtosis) de las variables de estudio de FE y el CI estimado. Por consiguiente, para evaluar la asociación entre las variables, se obtuvieron las medidas de normalidad por medio del estadístico Shapiro Wilk ( $p > .05$ ) ya que la muestra de la presente investigación es  $< 50$  participantes.

Posteriormente, para conocer la asociación entre las subescalas de funciones ejecutivas y subescalas de la prueba WRAT de matemáticas se realizaron correlaciones bivariadas con el estadístico de Serman debido a la distribución de datos; se tuvo en cuenta la prueba de hipótesis ( $p = < .05$ ) y la fuerza para la que se tomaron los siguientes valores: una fuerza de correlación baja va de 0.2 a 0,49, correlación moderada 0,5 y 0,79 y correlación alta  $>$  o igual a 0,8, se evaluaron por prueba de hipótesis, por fuerza y por dirección.

Debido a que no hubo una distribución normal se tomaron los puntos de corte para conocer

el desempeño que tiene la variable de inhibición de las FE en la variable fracciones del WRAT, se realizó una regresión logística ordinal, para esto se realizó la transformación de las puntuaciones de fracciones de la muestra a categorías de puntuación baja, media y alta. Los puntos de corte fueron obtenidos por los resultados de la media y la desviación estándar de la validación colombiana del WRAT (Avendaño, et al., *en preparación*) con una muestra de 500 estudiantes, estableciendo puntos de corte basados en una muestra normativa para la dimensión de fracciones y álgebra fue un promedio de 2.26 con una desviación estándar de 1.85.

Conforme lo anterior, se realizó un modelo de regresión logística ordinal en donde se identificó el efecto de la fórmula de la regresión, el P valor menor a 0.5, la proporción de varianza explicada ( $R^2$ ) y la fórmula de regresión.

## 6.9 Cronograma

Para el desarrollo de la presente investigación se estableció el siguiente cronograma.

**Tabla 2.**

*Cronograma del desarrollo de la investigación.*

		Meses 2022									
Actividades realizadas		Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov
1	Búsqueda de información	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	Entrega del consentimiento informado y capacitación en las pruebas					X	X	X			
3	Aplicación del instrumento WRAT en su forma B, WISC IV, WAIS IV y funciones ejecutivas y contraprestación						X	X	X		
4	Base de datos y análisis estadísticos							X	X	X	
5	Informe final y Sustentación								X	X	X

*Fuente.* Elaboración Propia.

## 7 Resultados

La información que se presenta a continuación se tomó del análisis estadístico realizado. En la Tabla 3 se puede observar las puntuaciones de las medidas de tendencia central, dispersión y distribución de cada una de las medidas tomadas para el presente estudio evidenciándose un promedio normal en todo el grupo estudiado cumpliendo con los criterios de inclusión.

**Tabla 3.**

*Relación de los resultados estadísticos descriptivos de las variables de FE, matemáticas y CI.*

<b>Variables</b>	<b>M</b>	<b>Md</b>	<b>DE</b>	<b>Asimetría</b>	<b>Curtosis</b>	<b>Shapiro Wilk</b>
CI	96.43	94.00	9.95	1.29	1.86	0.87***
Inhibición/Inhibición palabras y colores	9.72	7.41	7.16	0.90	0.35	0.91*
Inhibición/Frases Inversas	130.25	113.81	95.12	0.38	-0.99	0.93*
Memoria Operativa/Recorridos directos	67.68	68.08	30.93	-0.39	0.64	0.94*
Memoria Operativa/Recorridos inversos	47.47	43.73	21.37	0.77	1.75	0.91**
Memoria Operativa/Números regresivos	5.50	5.00	1.61	0.31	0.20	0.96
Flexibilidad/Colores y formas total	33.04	34.00	5.34	-0.52	-0.45	0.95
Flexibilidad/Colores y formas categorías	3.97	4.00	1.48	-0.30	-0.94	0.91**
Flexibilidad/Alternancia de operaciones	10.86	9.88	8.95	-0.68	4.69	0.91**
WRAT aritmética	17.06	17.50	3.12	-2.65	11,38	0.77***
WRAT Fracciones	3.02	3.00	1.67	0.61	-0.31	0.92*
WRAT Números racionales	1.34	1.00	1.43	1.00	0.30	0.84***

<b>VARIABLES</b>	<b>M</b>	<b>Md</b>	<b>DE</b>	<b>Asimetría</b>	<b>Curtosis</b>	<b>Shapiro Wilk</b>
WRAT TOTAL	21.43	22.00	4.52	-0.26	0.90	0.97

*Fuente:* Elaboración propia. \*p=.05; \*\*p=.001; \*\*\*p<.001

En esta tabla se evidencian las puntuaciones de la prueba de funciones ejecutivas y WRAT en cada una de sus dimensiones, donde la mayoría de las pruebas mostraron puntuaciones heterogéneas entre las dispersiones de sus medidas, a excepción de recorridos directos, números regresivos, colores y formas categoría. Así mismo, las pruebas de Shapiro Wilk mostraron que solo las variables de Memoria operativa, Colores y formas y el total de WRAT tuvieron una distribución normal, para posteriores análisis.

**Tabla 4.**

*Identificación de correlaciones entre las variables de FE y las variables matemáticas.*

<b>Rho de Spearman</b>		<b>WRAT aritmética</b>	<b>WRAT fracciones</b>	<b>WRAT números racionales</b>	<b>WRAT total</b>
<b>Inhibición</b>	Inhibición de palabras y colores	0.05	0.35*	0.20	0.26
	Frases inversas	-0.18	0.05	-0.21	-0.09
<b>Flexibilidad cognitiva</b>	Recorridos directos	0.03	0.04	0.13	0.03
	Recorridos inversos	0.18	0.06	-0.04	0.10
	Números regresivos	0.07	-0.01	-0.13	-0.02
<b>Memoria operativa</b>	Colores y formas tiempo	0.13	0.06	0.14	0.08
	Colores y formas categorías	0.13	0.03	-0.09	0.02
	Alternancia de operaciones	-0.16	-0.01	0.27	-0.01

*Fuente:* Elaboración propia. \*p=.05; \*\*p=.001; \*\*\*p<.001

Los análisis de correlación mostraron que las únicas variables que correlacionaron fueron la tarea de inhibición de palabras con la prueba de WRAT ya que tuvo una asociación baja directa y estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ) en el componente de fracciones indicado que a medida que aumenta la puntuación en inhibición aumenta la puntuación en fracciones. Las demás tareas, tanto de flexibilidad cognitiva como de memoria operativa no tuvieron asociación con ninguna de las dimensiones del WRAT ni con la puntuación total (ver Tabla 4).

**Tabla 5.**

*Modelo de regresión logística ordinal para el efecto de la inhibición sobre las fracciones.*

	95% IC para OR					
	B	DE	p	Inferior	OR	Superior
<b>Constante</b>	-2.80	1.06	0.008	0.008	2.61	0.48
<b>Inhibición de palabras y colores</b>	0.14	0.05	0.009	1.03	1.15	1.27

*Fuente:* Elaboración propia.

El modelo de regresión fue estadísticamente significativo por lo que la puntuación en inhibición predijo la probabilidad de ocurrencia de las categorías de la variable de fracciones del WRAT ( $X^2 = 8.45$ ,  $p = .004$ ) y explicó el 22.1% de la proporción de varianza de la variable ( $R^2 = 0.22$  (Nagelkerke)). De acuerdo con los valores arrojados con relación a la variable de inhibición, a medida que aumentan las puntuaciones en el índice inhibición hay 1.15 veces más de probabilidad tener una puntuación en una categoría mayor en la prueba de fracciones del WRAT.



## 8 Discusión

Este estudio tuvo como objetivo definir la relación entre las variables de las habilidades matemáticas (aritmética, álgebra y fracciones) y los componentes de FE (memoria operativa, inhibición y flexibilidad cognitiva) en adolescentes entre 15 a 17 años en colegios públicos y privados del departamento de Casanare. Para identificar estas correlaciones se aplicaron los instrumentos WRAT de Amador (2012) y TEFEA de Parra (*en preparación*) a un total de 46 participantes. Dentro de los resultados obtenidos, se logró evidenciar que no hay correlación entre las FE y los constructos matemáticos, a excepción de la habilidad matemática de fracciones con la variable de inhibición de las FE. Así mismo, se identificó un efecto predictor pues, a medida que aumenta la puntuación en inhibición, hay mayor probabilidad de obtener una puntuación en la categoría mayor de la variable de fracciones, lo que indica que la variable de inhibición tiene un efecto predictor. En relación a nuestro estudio se encontró el estudio de Mejía (2018) donde se evidenció una relación inversa con las FE y la inteligencia, ya que al no haber un buen aprendizaje cognitivo la inteligencia disminuye y los componentes de las FE aumentan, esta investigación no se relaciona con nuestro proyecto debido a que la relación negativa que arrojó en los resultados no es igual con los resultados obtenidos en esta investigación.

Opuesto a los resultados obtenidos en la presente investigación Abreu-Mendoza et al. (2018) debido a que en los resultados de la investigación se logra evidenciar una correlación entre los tres componentes de la evaluación y variables de FE las cuales son: el número de respuestas correctas en la subprueba de cálculo matemático y las puntuaciones en las tareas de EF, en contraste a la presente investigación en la que sólo se halló correlación de la FE inhibición y fracciones del WRAT.

Con base en nuestros objetivos y resultados, sólo se evidenció asociación entre la tarea de inhibición de palabras de las FE y las fracciones del WRAT, que en congruencia con la investigación de Abreu-Mendoza et al. (2018) en la que identificaron que la inhibición está asociada con los números enteros que de alguna u otra manera tendrían que ver con el desarrollo de fracciones. Y Rossi et al, (2019) quienes compararon la importancia de la inhibición con el componente de fracciones de las matemáticas evidenciando la importancia de esta FE en el desarrollo de las actividades matemáticas en fracciones evidenciando que la inhibición es necesaria en todas las edades. Siendo fundamental la inhibición para que se dé un adecuado rendimiento en matemáticas, donde las fracciones son desarrolladas asertivamente gracias a esa FE gracias a la forma en que el ser humano tiene la capacidad de representar esa habilidad matemática (Gómez et al, 2014; Gómez et al, 2015).

Las posibles explicaciones a esta diferencia entre los estudios se pueden dar a partir de aspectos metodológicos y teóricos. Para empezar, nuestro estudio contó con una muestra de cuarenta y seis adolescentes para la evaluación y ello no permitió medir ampliamente las correlaciones, por lo que los valores P de las asociaciones se pueden ver influenciados por los tamaños de muestra bajos. Contrario a lo expuesto por Hernández (2014) quién eligió una muestra de 94 estudiantes en edades de 7 y 8 años evaluando memoria operativa y funciones ejecutivas con resultados correlacionados linealmente significativos y moderadamente altos.

Otra de las posibles razones de no encontrarse la asociación, puede ser debido a la metodología empleada, ya que por ejemplo en el estudio de Green et al, (2017) se realizó con sujetos entre los 5 y 15 años, por ejemplo, Friso van den Bos et al. (2014) quienes tuvieron una muestra de participantes que estaban entre la edad de los 9 y 11 años, obtuvieron de igual manera relación significativa en habilidades matemáticas y memoria operativa.

Por lo anterior se podría inferir que, la cantidad de la muestra y rango de edad, así como metodologías diferentes, influyen para que los valores significativos en comparación a nuestra investigación sean evidentes.

Además hay que tener en cuenta que el nivel en las habilidades matemáticas en Colombia ha disminuido, pues en informe entregado por el Ministerio de educación nacional, (2022) se especificó que para el 2021 el puntaje en esta área bajo un punto en comparación al año 2020, sin embargo a nivel general la línea de comparación con las puntuación obtenida años atrás es negativa, ya que en lo que respecta desde el año 2014 ha venido disminuyendo, lo que podría indicar que la calidad de educación no es la más favorable.

Así mismo, puede que por la baja calidad de enseñanza en el área de las matemáticas esta haya repercutido en la búsqueda de relación entre los componentes de las FE y las variables de las habilidades matemáticas, pues ante el poco conocimiento acerca de los diferentes procesos de los componentes de matemáticas (fracciones, álgebra y aritmética) se dificulta que inicien los procesos de funcionamiento ejecutivo, los cuales requieren ser interiorizados por los conceptos básicos de las matemáticas para poder realizar la manipulación de la información, como es el caso de la memoria operativa (Mejía, 2018).

Por lo tanto, la correlación de los componentes matemáticos con Memoria operativa y flexibilidad cognitiva al no ser significativos pudo darse debido a que los estudiantes cuentan con el conocimiento de los procedimientos necesarios para la solución de las tareas matemáticas, sin embargo, con el paso del tiempo no logran consolidar el aprendizaje, pues al no estar aplicando constantemente los procedimientos no logran recordar muchos de los procesos aprendidos (González y Barreto, 2020).

Por lo que se debe tener en cuenta el desarrollo y maduración cerebral en las áreas encargadas de los diversos procesos y habilidades matemáticas que se generan y se fortalecen a lo largo de la adolescencia (Radfort et.al; 2009), ya que nuestro estudio se centró en edades comprendidas entre los 15 y 17 años, pues durante la infancia el cerebro está generando mayor plasticidad y maduración para el buen desarrollo de habilidades matemáticas, aritméticas y de cálculo matemático, suponiendo que algunas de las fallas radican por la falta y constante estimulación cerebral en el aprendizaje y fortalecimiento de las tareas numéricas. De igual forma Dehaene (1992), Artemenko et al, (2018) y Nagel et al, (2013) mediante sus análisis de Functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) identificaron que el área fronto parietal es aquella que se activa cuando los adolescentes realizan operaciones aritméticas con relación a la memoria operativa e incremento en la activación del hipocampo, recibiendo y almacenando información. Es por ello que a medida que las etapas del desarrollo se van instaurando, la memoria operativa se va modificando.

## **9 Conclusiones**

Nuestro estudio encontró que hay asociación entre las funciones de las habilidades matemáticas de fracciones con el constructo de inhibición, estos resultados pueden estar derivados por cuestiones de la metodología del estudio, la carencia de muestra o por las puntuaciones bajas a nivel general de las habilidades matemáticas en estudiantes colombianos.

## **10 Recomendaciones**

### **Fortalezas**

Como fortalezas de este estudio, encontramos que la población seleccionada tiene un rango de edad que no se ha tomado a profundidad para mayores estudios en Colombia, incluyendo colegios públicos y privados. Ahora bien, es importante agregar, que, aunque solo se halló correlación en un constructo, este genera importantes aportes a dicha investigación y de igual manera a investigaciones futuras.

Por otra parte, en nuestro estudio nos centramos en un modelo teórico de las funciones ejecutivas, así como la división de las habilidades matemáticas en ciertos constructos. Por lo tanto, en este caso se están conociendo las relaciones por cada constructo a parte teóricamente.

### **Debilidades**

Se recomienda para futuras investigaciones contar con tamaños de muestra mayores los cuales permitan tener un mayor poder estadístico ya que, gracias al tamaño de muestra no se dieron mayores asociaciones donde posiblemente existían.

## Referencias

- Abreu, R., Chamorro, Y., Garcia-Barrera, M., & Matute, E. (2018). The contributions of executive functions to mathematical learning difficulties and mathematical talent during adolescence. *PLoS ONE*, 13(12), 1–21. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209267>.
- Allison, T., Puce, A., Spencer, D., & McCarthy, G. (1999). Electrophysiological studies of human face perception. I: Potentials generated in occipitotemporal cortex by face and non-face stimuli. *Cerebral Cortex*, 9(5), 415–430. <https://doi.org/10.1093/cercor/9.5.415>.
- Amador, C.J.A. (2013). Escala de inteligencia de Wechsler para adultos - IV (WAIS - IV). Universidad de Barcelona. Madrid: NCS Pearson, Inc. Edición original, 2008.
- Arsalidou, M., & Taylor, M. (2011). Is  $2+2=4$ ? Meta-analyses of brain areas needed for numbers and calculations. *Neuroimage*, 54(3), 2382-2393.
- Artemenko, C., Soltanlou, M., Ehli, A., Nuerk, H., & Dresler, T. (2018). The neural correlates of mental arithmetic in adolescents: a longitudinal fNIRS study. *Behavioral and brain functions*, 14(1), 1-13. <https://doi.org/10.1186/s12993-018-0137->.
- Avendaño, P., Continchara, A., Garcia, V., Pineda, L. & Velandia, Y. (*en preparación*). Propiedades psicométricas de la escala WRAT para la evaluación de las habilidades matemáticas de adolescentes colombianos. [Tesis profesional, Universidad Autónoma de Bucaramanga Extensión Unisangil Yopal].
- Barbosa, A., Cifuentes, L., Solano, Z. & Suarez, L. (*en preparación*). Pilotaje para el diseño de un instrumento de cribado para la evaluación de las funciones ejecutivas en adolescentes. [Tesis profesional, Universidad Autónoma de Bucaramanga Extensión Unisangil Yopal].
- Best, J.R y Miller, H.P. (2010). A developmental perspective on executive function. *Child development*. 81 (6): 1641-1660.

- Burgess, P.W y Shallice, T. (1997). The relationship between prospective and retrospective. *Cognitive models of memory*.
- Campos, J. (2013). Escala de inteligencia de Wechsler para adultos-IV (WAIS-IV). Universidad de Barcelona, 1–21. Retrieved from [http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/33834/1/Escala de inteligencia de Wechsler para adultos-WAIS-IV.pdf](http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/33834/1/Escala%20de%20inteligencia%20de%20Wechsler%20para%20adultos-WAIS-IV.pdf)
- Cohen Kadosh, K., Henson, R. N., Cohen Kadosh, R., Johnson, M. H., & Dick, F. (2010). Task-dependent activation of face-sensitive cortex: an fMRI adaptation study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22(5), 903-917.
- Cragg, L. y Gilmore, C. (2014). Skills underlying mathematics: The role of executive function skills in the development of mathematics proficiency. *Trends in Neuroscience and Education*, 3, 63–68. doi:10.1016/j.tine.2013.12.001.
- Damas, J. (2009). ¿ Qué código subyace a las Multiplicaciones?: Evidencias de una tarea de magnitud con priming enmascarado. *Escritos de Psicología (Internet)*, 2(3), 27-34.
- Dehaene, S. (1992) Varieties of numerical abilities. *Cognition*; 44(1-2). 1-42.
- Demagistri, M. (2018). Comprensión lectora, memoria de trabajo, procesos inhibitorios y flexibilidad cognitiva en adolescentes de 12 a 17 años de edad. [Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Mar del Plata]. Repositorio RPsico <http://200.0.183.210/handle/123456789/728>.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadísticos - DANE (2022). Educación formal (EDUC). Tomado de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/educacion/poblacion-escolarizada/educacion-formal#informacion-2021-por-departamento>.
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64(1), 135–168. doi: 10.1146/annurev-psych-113011-143750



Erdfelder, E., Faul, F., & Buchner, A. (1996). GPOWER: A general power analysis program.

*Behavior research methods, instruments, & computers*, 28(1), 1-11.

FDT, Cinco Dígitos. (2007). Gabinete psicométrico. Universidad de Lima.

Fonseca, G., Rodríguez, L. y Parra, J.H. (2016). Relación entre funciones ejecutivas y rendimiento académico por asignaturas en escolares de 6 a 12 años. *Hacia la promoción de la salud*, 21(2), 41-58.

Friso-Van Den Bos, I., Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. (2018). Counting and number line trainings in kindergarten: Effects on arithmetic performance and number sense. *Frontiers in Psychology*, 9, 975.

Gary S., PhD y Gary J., PhD (2006). Wide Range Achievement Test 4 (WRAT IV).

<https://www.wpspublish.com/wrat4-wide-range-achievement-test-4>

Geary, D. (2000). From infancy to adulthood: The development of numerical abilities. *European Child and Adolescent Psychiatry*, 9(2), 11–17.

Giller, F; Zhang, R; Roessner, V y Beste, C. (2018). The neurophysiological basis of developmental changes during sequential cognitive flexibility between adolescents and adults. *WILEY*. 40 (1): 552-565.

Gilmore, C; Keeble, S, Richardson, S y Cragg Lucy. (2015). The role of cognitive inhibition in different components of arithmetic. *ZDM Mathematics Education*. 47(5), 771-782

Gilmore, C., Göbel, S. M., & Inglis, M. (2018). An introduction to mathematical cognition. Routledge (EDS.), *Introduction* (pp. 1-5). Fondo Editorial Routledge.

Gómez, D.M; Jiménez, A; Bobadilla, R; Reyes, C y Dartnell. (2014). Exploring fraction comparison in school children. 3 (1): 185-192.

- Gómez, D. M., Jiménez, A., Bobadilla, R., Reyes, C., & Dartnell, P. (2015). The effect of inhibitory control on general mathematics achievement and fraction comparison in middle school children. *Zdm*, 47(5), 801-811.
- González, R., & Hornauer-Hughes, A. (2014). Cerebro y lenguaje. *Revista Hospital Clínico Universidad de Chile*, 25(1), 144-153. <https://www.enfermeriaaps.com/portal/cerebro-lenguaje-rev-hosp-clin-univ-chile-2014>.
- González, P., y Barreto, F. (2020). Caracterización de las funciones ejecutivas en adolescentes del grado noveno de la Institución Educativa Santander de Bucaramanga- Colombia, *Praxis Pedagógica*, 20(27), 77-99. <https://orcid.org/0000-0002-3467-8093>
- Green, C., Bunge, S., Briones, V., Barrow, M., & Ferrer, E. (2017). Fluid reasoning predicts future mathematical performance among children and adolescents. *Journal of Experimental Child Psychology*, 157, 125–143.
- Heaton, R.K; Chelune, J.L; Talley, J.L; Kay, G.G y Curtiss, G. (2001). Test de Clasificación de Tarjetas de Wisconsin. TEA.
- Hernandez, R., (2014) Relación entre la memoria operativa y el cálculo mental con los números naturales en estudiantes del grado 8° del Instituto Técnico. *Eco Matemático Journal of Mathematical Sciences*, 5(1), 27-36.
- Hernández, S.R; Fernández, C.C y Baptista. L.M.P. (2014). Metodología de la Investigación. Sexta Edición. Editorial McGraw-Hill. México. Recuperado de: <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wpcontent/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigación-sexta-edicion.compressed.pdf>.
- Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación –ICFES-. (2021). Resultados agregados exámen saber 11°. Recuperado de <https://view.genial.ly/61fda1b2e940aa00121bafa4>

- Introzzi, I., Canet, J. L., Montes, S; López, S y Mascarello, G. (2015). Procesos Inhibitorios y flexibilidad cognitiva: evidencia a favor de la Teoría de la Inercia Atencional. *International journal of psychological research*, 8(2), 60-74.
- Introzzi, I. M., Canet J.L., Aydmune, Y y Stelzer, F. (2016). Theoretical Perspectives and Empirical Evidence on Inhibition. *Revista Colombiana de Psicología*, 25(2), 351-368. doi: 10.15446/rcp.v25n2.52011
- Jacobovich, S. (2006). Modelos actuales de procesamiento del número y el cálculo. *Revista Argentina de Neuropsicología*, 7, 21-31.
- Kaufmann, T., Schulz, S. M., Grünzinger, C., & Kübler, A. (2011). Flashing characters with famous faces improves ERP-based brain–computer interface performance. *Journal of neural engineering*, 8(5), 056016.
- Latzman, R., Elkovitch, N., Young, J., & Clark, L. (2010). The contribution of executive functioning to academic achievement among male adolescents. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 32(5), 455–462.
- Lehto, J. E., Juujärvi, P., Kooistra, L., & Pulkkinen, L. (2003). Dimensions of executive functioning: Evidence from children. *British Journal of Developmental Psychology*, 21(1), 59–80.
- Ley 1090 de 2006. Código ético y deontológico del psicólogo en Colombia. (6 Septiembre de 2006). <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php>.
- Ley 115 de 1994. Ley General de Educación. (08 de febrero del 1994). <https://www.mineduccion.gov.co>.
- Looi, C. Y., Thompson, J., Krause, B., & Kadosh, R. C. (2016). The Neuroscience of Mathematical Cognition and Learning. *OECD Education Working Papers*. 136, 1-68.

- Luck, S y Vogel, E. (2013). Visual working memory capacity: from psychophysics and neurobiology to individual differences. *Trend in cognitive sciences*. 17 (8):391-400.
- Manoucheri y Sriraman (2020). Mathematical Cognition: In Secondary Years [13–18] Part 1 Definition / Introduction. *Journal: Encyclopedia of Mathematics Education*, 505-529.
- Marôco, J. (2018). Análise Estatística com o SPSS Statistics.: 7ª edição. ReportNumber, Lda.
- McCloskey, M.; Sokol, S., Goodman, R., Schulman, R. y Caramazza, A. (1990). Cognitive representations and processes in number production: Evidence from cases of acquired dyscalculia. En A. Caramazza (Ed.), *Cognitive neuropsychology and neurolinguistics: Advances in models of cognitive function and impairment* (pp. 1–32). Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Mejía, C y Albarracín, Á. (2013). Estudio preliminar de las propiedades psicométricas del WISC-IV en una muestra de escolares de Bucaramanga. *Informes psicológicos*. 13 (2): 13-25.
- Mejía, R.A. (2018). Relación entre inteligencia emocional, funciones ejecutivas y rendimiento académico en escolares. *Pontificia Universidad Católica del Ecuador*. 9 (2): 3-6.
- Milner, A. D., & Goodale, M. A. (2008). Two visual systems re-viewed. *Neuropsychologia*, 46(3), 774-785.
- Ministerio de Educación Nacional (1998). *Matemáticas. Lineamientos Curriculares*. MEN, Bogotá. <https://www.mineduacion.gov.co/1621/article-89869.html>.
- Ministerio de Educación Nacional (2021). *Icfes presentó a la comunidad educativa el Informe de los Resultados agregado Saber 11 en 2021*. <https://www.mineduacion.gov.co/portal/salaprensa/Noticias/409545:Icfes-presento-a-la-comunidad-educativa-el-Informe-de-los-Resultados-agregado-Saber-11-en-2021>.

Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D.

(2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "Frontal Lobe" tasks: a latent variable analysis. *Cognitive Psychology* .41(1):49-100.

Lázaro, F; Castillo, R y Jiménez, N. (2014). Desarrollo de funciones ejecutivas, de la niñez a la juventud. *Anales de psicología*. 30 (2): 463-473.

Nagel, B, Herting, M, Maxwell, E. Bruno, R y Fair, D. (2013). Hemispheric lateralization of verbal and spatial working memory during adolescence. *ELSEVIER*. 82 (1): 58-68.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura - UNESCO (2017). 617 millones de niños y adolescentes no están recibiendo conocimientos mínimos en lectura y matemática.

Parra, J (en preparación). *Test de funciones ejecutivas (TEFEA)*.

Partington, J. y Leiter, R. (1949). Test de rutas de Partington. *Revista del Centro de Servicios Psicológicos*, 1, 11–20.

Pinto, N. (2006). Características Neuropsicológicas de los niños con trastorno de cálculo. [Tesis de maestría, Universidad de Guadalajara]

Real Academia Española (2021), Edad. En *Diccionario de la lengua española*. Recuperado en 01 de octubre de 2022, de <https://dle.rae.es/edad>

Real Academia Española (2021), Grado. En *Diccionario de la lengua española*. Recuperado en 01 de octubre de 2022, de <https://dle.rae.es/grado?m=form>

Real Academia Española (2021), Sexo. En *Diccionario de la lengua española*. Recuperado en 01 de octubre de 2022, de <https://dle.rae.es/sexo>

Sattler, J- (2010). *Evaluación infantil: fundamentos cognitivos volumen I quinta edición*. San Diego State University.

- Szucs, D; Devine, A; Soltesz, F; Nobes, A y Gabriel, F. (2013). Developmental dyscalculia is related to visuo-spatial memory and inhibition impairment. *ELSEVIER*. 49 (10): 2674-2688.
- Tirapu-Ustarroz, J., Muñoz-Céspedes, J. M., & Pelegrín-Valero, C. (2005). Memoria y funciones ejecutivas. *Revista de neurología*, 41(8), 475-484.
- Verzini, N. y Florencia, M. (2021). Las Funciones Ejecutivas y su relación con el rendimiento en matemática en alumnos de 1° año de nivel secundario. Pontificia Universidad Católica de Argentina. 10 (2): 2-8.
- Wechsler, D. (2007). Escala de Wechsler de Inteligencia para niños WISC IV, Manual de aplicación (4ta Ed). <https://biblioteca.uazuay.edu.ec/buscar/item/76365>.
- Zakzanis, K. K., Mraz, R., & Graham, S. J. (2005). An fMRI study of the trail making test. *Neuropsychologia*, 43(13), 1878-1886 <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2005.03.013>
- Zaldivar, J., Medina, G. y Cakes, A. (2018). Modelación y tecnología en la enseñanza de las matemáticas. En Arturo, Luis; Páges, Daniela (Eds.), *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa* (pp. 954-961). México, DF: Comité Latinoamericano de Matemática Educativa.

**Anexos**

**Anexo 01**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA (UNAB) EXTENSIÓN**  
**UNISANGIL SEDE YOPAL.**

**CONSENTIMIENTO Y ASENTIMIENTO INFORMADO**

**Nombre del participante:**

\_\_\_\_\_

**Nº Documento de Identidad:** \_\_\_\_\_ **Fecha:**

\_\_\_\_\_

**Título de la investigación:** Pilotaje de un test de screening para la evaluación de las funciones ejecutivas en adolescentes.

**Nombre de los investigadores:** Javier Humberto Parra Pulido (director). Estudiantes del semillero NEUROBAP: DAYANA PAOLA PASTRANA, CAMILA ANDREA NIÑO, LISDY JULIETH PINTO Y ANGIE PAOLA MESA

**Entidad que realiza la investigación:** Universidad Autónoma de Bucaramanga (UNAB) extensión UNISANGIL sede Yopal.

**Consentimiento para el estudio de investigación:** a continuación, encontrará información relevante sobre la investigación que se está realizando. Para nosotros los investigadores es de gran importancia poder contar con su autorización para que la Universidad Autónoma de Bucaramanga (UNAB) extensión UNISANGIL sede Yopal y a sus investigadores puedan contar con su colaboración, es de gran importancia que usted se tome el tiempo y lea este documento. Puede tomar una copia de este formulario de consentimiento y hablar con su familia, abogado o persona que pueda resolver inquietudes; no lo firme a menos que usted se sienta cómodo (a) para participar de este estudio.

**Propósito de la investigación:** Para el presente proyecto pediremos su colaboración ya que su hijo/a cumple con las características para formar parte de la investigación, teniendo en cuenta que el propósito de esta investigación es realizar un pilotaje para la evaluación de las funciones ejecutivas en los adolescentes (entre 15 y 17 años) del Departamento del Casanare. Su participación es voluntaria, por tal motivo usted puede retirar el permiso / consentimiento y dejar de participar en el estudio en cualquier momento y por cualquier motivo.

**Procedimiento y duración:** Si usted acepta que su hijo/a participe en el presente estudio, se le realizará una evaluación de las funciones ejecutivas que consta de la aplicación de 6 subpruebas que evalúan los procesos de inhibición (habilidad para controlar conductas preponderantes así como la capacidad de tener autocontrol), flexibilidad cognitiva (habilidad para cambiar patrones de respuesta y realizar una conducta creativa) y memoria operativa (capacidad para manipular información y resolver un problema). Así mismo se le realizará una estimación del cociente intelectual con la aplicación de 2 subescalas (matrices y vocabulario) de las pruebas WISC-IV (en caso de que tenga 15 o 16 años) o WAIS IV (en caso de que tenga 17 años). La duración de la



aplicación de pruebas será de 30 a 40 minutos aproximadamente y se realizará en las instalaciones del colegio en horario escolar. Dichas aplicaciones serán llevadas a cabo por estudiantes de décimo semestre del Programa de Psicología UNAB previamente entrenadas y capacitadas para la aplicación de las pruebas, así como con conocimientos del constructo psicológico que se va a evaluar. Así mismo, ustedes como padres de familia/ tutor recibirán un formato de historia clínica que deberán llenar en donde se recaba información relevante sobre el desarrollo de su hijo/a.

**Riesgos, molestias y restricciones:** Por parte de los investigadores consideramos que la presente investigación no causara daños o malestar al paciente, para incrementar la confianza y la sinceridad por parte de él, la aplicación de estos instrumentos se realizará de forma anónima, en el único formato donde se tendrán datos personales es en el presente consentimiento informado y la historia clínica. Antes, durante o después de la aplicación su hijo/a puede retirarse en cualquier momento y solicitar que las respuestas a los cuestionarios no sean tenidos en cuenta para la investigación.

**Riesgos imprevistos:** La participación en el estudio puede implicar riesgos imprevistos. Si algún riesgo no previsto aparece, esto será reportado a las Oficinas de Cumplimiento de Investigación de regulación o la Subdirección Académica de la universidad autónoma de Bucaramanga (UNAB) y de la Fundación Universitaria de Sangil UNISANGIL Sede Yopal.

**Beneficios:** Puede que no haya beneficios económicos directos para usted o su hijo/a por participar en este estudio. Sin embargo, la información recopilada ayudará al diseño de un test neuropsicológico que ayudará a futuro a profesionales de la psicología y a los pacientes a contar con instrumentos de evaluación válidos y confiables y con esto intervenir en las problemáticas

relacionados con este importante constructo neuropsicológico como lo son las funciones ejecutivas

**Procedimientos alternativos:** No hay procedimientos alternativos en caso de que decidan no participar en el estudio. Sin embargo, si usted indica que necesita recibir servicios de salud mental u otros servicios, nosotros haremos nuestro mejor esfuerzo para que usted pueda conseguir estos servicios independientemente de que usted decida o no la participación en este estudio.

**Razones para la eliminación de esta investigación:** Puede que sea necesario detener el estudio antes de finalizar por cualquiera de las siguientes razones:

Si la totalidad o parte del estudio se interrumpe por cualquier motivo del investigador, o por las autoridades universitarias.

Si usted no puede cumplir con los requisitos de participación establecidos por el investigador.

**Participación voluntaria:** La participación en este estudio es voluntaria y usted puede negar su participación en el estudio o retirarse en cualquier momento. No habrá consecuencias negativas si usted decide no participar. Si usted tiene dudas sobre la participación del estudio puede comunicarse con JAVIER HUMBERTO PARRA, Docente tutor de la Universidad Autónoma de Bucaramanga (UNAB) sede Yopal (UNISANGIL) al correo [jparra@unisangil.edu.co](mailto:jparra@unisangil.edu.co).

**Compensación por la participación:** No hay compensación de tipo económico o remunerativo por su participación en este estudio.

**Confidencialidad y privacidad:** En cualquier publicación o presentación de los resultados de la investigación, su identidad se mantendrá en completa confidencialidad, pero existe la posibilidad de que los registros que lo identifican pueden ser revisados por personas autorizadas como los representantes de la investigación de la Universidad Autónoma de Bucaramanga (UNAB) sede yopal UNISANGIL, o por los empleados que realizan actividades de revisión por pares. Usted consiente estas revisiones y que se miren los extractos de sus registros, si es requerido por cualquiera de estos representantes.

Usted recibirá una copia de este consentimiento informado para que la pueda tener con usted y el investigador principal del estudio guardará este consentimiento en un cajón con llave durante 10 años, y luego se procederá a destruir el documento.

Si usted tiene preguntas acerca de sus derechos como sujeto de investigación, puede comunicarse a la Coordinación de Investigación de la Fundación Universitaria de Sangil UNISANGIL Sede Yopal al teléfono 6341700 o al contacto del programa de Psicología 3142875296.

No firme este formulario de consentimiento a menos que haya tenido la oportunidad de hacer preguntas y recibir respuestas satisfactorias a todas sus preguntas.

Si está de acuerdo en participar en el estudio, usted recibirá una copia firmada y fechada de este formulario de consentimiento para sus registros.

- He sido informado de las razones de esta investigación.
- He tenido una explicación de la investigación.
- He tenido todas las respuestas a mis preguntas.
- He leído cuidadosamente este formulario de consentimiento/ permiso, han rubricado cada página, y he recibido una copia firmada.

Yo libremente apruebo mi consentimiento para que mi hijo/a participe de este estudio de investigación.

NOMBRE: \_\_\_\_\_ C.C.

\_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_ Firma:

\_\_\_\_\_

Asentimiento de participación

Nombre del estudiante: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

Lista de personas autorizada para obtener el consentimiento/permiso

**Nombre**

**Cargo**

**Teléfono**

Paola Andrea Avendaño Holguin	Estudiante.	3204533834
Angie Paola Mesa Torres	Estudiante.	3144762420
Camila Andrea Niño Méndez	Estudiante.	3222243090
Dayana Paola Pastrana Gualdron	Estudiante.	3142417636

## Anexo 02

### HISTORIA CLÍNICA ADOLESCENTE

Adaptación: Rodríguez Barreto Lucia, (2002).

Con el fin de integrar el proceso de evaluación de funciones ejecutivas de su hijo/a, nos permitimos enviar el siguiente formato acerca de la historia del desarrollo del mismo para que la pueda completar. La información suministrada será de importante relevancia para la interpretación de los resultados del Test de Evaluación de Funciones Ejecutivas adolescentes TEFEA el cual usted aprobó para que fuese aplicado a su hijo/a por medio del consentimiento informado. Los datos que usted brindará a continuación serán tratados de manera confidencial, buscando el bienestar del participante y teniendo en cuenta los principios éticos enmarcados en la ley 1090 de 2006 que rige la profesión del psicólogo. Dichos datos se utilizarán con fines investigativos a los cuales usted tendrá acceso cuando lo desee. Si usted presenta alguna duda para contestar el formato favor comunicarse con el Magíster Javier Humberto Parra Pulido al correo [jparra@unisangil.edu.co](mailto:jparra@unisangil.edu.co)

Nombres y apellidos (del adolescente)

---

Lugar y fecha de nacimiento

---

Edad (en años y meses)

---

Dirección de residencia

---

Teléfono de contacto

---

Fecha de evaluación (registro de este cuestionario)

---

**ANTECEDENTES PERSONALES.** (Dirigido a la madre)

Número de embarazos \_\_\_\_\_ Partos \_\_\_\_\_

Abortos: sí \_\_\_\_\_ no \_\_\_\_\_

Edad que tenía la madre en el embarazo del/la adolescente \_\_\_\_\_

Duración del embarazo:\_(En meses)

Tipo de Parto: Natural \_\_\_\_\_ Cesárea \_\_\_\_\_

Talla \_\_\_\_\_

Peso al nacer: \_\_\_\_\_

¿Necesitó estar en incubadora? Sí \_\_\_ No \_\_\_ Duración: \_\_\_\_\_

Lactancia Materna: sí \_\_\_\_\_ no \_\_\_\_\_ Duración \_\_\_\_\_

Si contestó no, porque

---

---

### **LENGUAJE**

Alguna dificultad para hablar (mencionar)

---

---

---

### **LATERALIDAD.**

¿Qué mano utiliza el/la adolescente para escribir \_\_\_\_\_

¿El/la adolescente realiza alguna actividad con la mano diferente a la que escribe?

---

---

---

Hay algún (os) familiares zurdos en la familia sí \_\_\_ no \_\_\_ ¿parentesco?

---

### **HÁBITOS DEL SUEÑO**

Generalmente ¿cuántas horas duerme el/la adolescente? \_\_\_\_\_

¿A qué hora se acuesta el/la adolescente? \_\_\_\_\_

¿A qué hora se levanta el/la adolescente? \_\_\_\_\_

¿Tiene pesadillas?: sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

¿Habla dormido? sí \_\_\_\_\_ no \_\_\_\_\_

Sonambulismo (se levanta dormido/a) sí \_\_\_\_\_ no \_\_\_\_\_

### **HÁBITOS DE ALIMENTACIÓN**

¿Come mucho?: sí \_\_\_\_\_ no \_\_\_\_\_ ¿tiene sobrepeso? \_\_\_\_\_

¿Come muy poco? sí \_\_\_\_\_ no \_\_\_\_\_ ¿está bajo de peso? \_\_\_\_\_

Tiene la estatura y el peso de acuerdo a su edad. Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

¿Tiene dolores de estómago? Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ ¿con qué frecuencia? \_\_\_\_\_

¿Ha presentado vómito? Sí \_\_\_\_\_ no \_\_\_\_\_ ¿Con qué frecuencia? \_\_\_\_\_

### **ESCOLARIZACIÓN**

¿A qué edad el/la adolescente inició su escolaridad? \_\_\_\_\_

Se adaptó fácilmente al colegio si \_\_\_\_\_ no \_\_\_\_\_ Si contesta no ¿por qué?

\_\_\_\_\_



¿Cómo es la relación el/la adolescente con los compañeros del curso?

\_\_\_\_\_

¿Cómo es el rendimiento escolar del/la adolescente? \_\_\_\_\_

Ha perdido algún curso: sí \_\_\_\_\_ no \_\_\_\_\_ por qué

\_\_\_\_\_

Ha cambiado el/la adolescente de colegio: sí \_\_\_\_\_ no \_\_\_\_\_ si contesta “sí” ¿por qué?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Ha necesitado o necesita ayuda para realizar sus tareas?

Sí \_\_\_\_\_ no \_\_\_\_\_

Si contesta “sí”, ¿por qué?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### ANTECEDENTES FAMILIARES

Personas con las que vive el/la adolescente:

Parentesco.

Edad

Escolaridad

Ocupación

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

Número de hermanos \_\_\_\_\_ Hombres \_\_\_\_\_ mujeres \_\_\_\_\_

Es hijo(a) único(a) \_\_\_\_\_

Edades \_\_\_\_\_

¿Qué lugar ocupa el/la adolescente dentro de los hermanos? \_\_\_\_\_

¿Existe alguna dificultad o antecedente importante en algún miembro de la familia?

(Discapacidad cognitiva (retardo mental), depresión, déficit de atención, problemas de aprendizaje, trastornos del lenguaje, entre otros.)

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

¿Alguna enfermedad de importancia?

\_\_\_\_\_

Marque con una “X” en caso de que el/la adolescente tenga o haya tenido alguna de las siguientes enfermedades

()	Hipertensión arterial	()	Disminución de la agudeza visual o auditiva	()	Tiroidismo
()	Enfermedades pulmonares	()	Traumatismos craneoencefálicos	()	Accidentes cerebrovasculares
()	Consumo de alcohol o de sustancias	()	Diabetes	()	Otros  _____

¿Ha sido intervenido quirúrgicamente? Sí \_\_\_ no \_\_\_ ¿cuál?

\_\_\_\_\_ ¿A qué edad? \_\_\_\_\_

¿Tiene todas las vacunas? \_\_\_\_\_

¿Padece alguna alergia? \_\_\_\_\_

¿Ha convulsionado alguna vez? si \_\_\_ no \_\_\_

OBSERVACIONES. Por favor registre la información que considere importante en relación a su hijo(a) que no aparezca citada.

---



---



---



---

Muchas gracias.