

Estudio Comparativo de las Funciones Ejecutivas en Niños y Adolescentes Entre 6 y 17 Años Con y Sin Antecedentes de Consumo de Marihuana

Camilo Andrés Granja Osorio^{1,2}, Bladimir Illes Chaves¹ y Dimanesa Blandón Perea¹

¹Magister en Neuropsicología Clínica, Universidad San Buenaventura - Sede Bogotá. Bogotá, Colombia.

²Docente y director del Laboratorio de Aprendizaje y Conducta, Universidad INCCA de Colombia. Bogotá, Colombia.

Nota de Autor

Camilo Andrés Granja Osorio  <https://orcid.org/0000-0002-4388-3101>

Correspondencia relacionada a este artículo deberá dirigirse a Camilo Andrés Granja Osorio. Calle 90 sur # 6A – 09 localidad de Usme. Bogotá D.C., Colombia. Teléfono: (+57 315 816 26 51. Correo electrónico: camilogranja1711@gmail.com

Resumen

El desarrollo de las funciones ejecutivas desde la infancia puede verse afectado por el consumo de Marihuana en edades tempranas. El objetivo de la investigación fue comparar el desempeño de las funciones ejecutivas en niños entre 6 y 17 años con y sin antecedentes de consumo de Marihuana. Se reclutó a 30 estudiantes de colegios de Bogotá con historial de consumo a quienes se evaluó su desempeño ejecutivo utilizando la prueba BANFE-2 y se compararon los resultados con un grupo control. Entre los 6 y 9 años existe una afectación significativa de todos los procesos ejecutivos como consecuencia del consumo ($M = 79.8$, $DE = 20.8$) comparado con controles ($M = 100.7$, $DE = 7.2$), especialmente en inhibición y procesamiento riesgo beneficio, mientras que entre 10 y 12 años la afectación es mayor en consumidores en todas las áreas de funcionamiento ejecutivo en consumidores ($M = 72.4$, $DE = 12.85$) comparado con controles ($M = 96.3$, $DE = 8.35$). Además, entre 13 y 17 años se espera un deterioro estadísticamente significativo en todas las áreas de desempeño ejecutivo ($M = 72.6$, $DE = 15.33$) comparado con controles ($M = 94.9$, $DE = 11.42$), excepto en procesos como abstracción y metamemoria. Se concluye que la Marihuana afecta el desarrollo de procesos ejecutivos, especialmente de la memoria de trabajo, flexibilidad cognitiva y planeación siendo más significativa en tanto más temprano se inicia el consumo. Dado que los déficits tempranos se mantienen hacia la adolescencia, estos pueden estar asociados tanto con los efectos de la intoxicación como con cambios en las trayectorias neuronales durante el desarrollo de la corteza prefrontal como efecto del consumo crónico de Marihuana.

Palabras claves: infancia, adolescencia, consumo de marihuana, desempeño cognitivo, funciones ejecutivas, BANFE-2

Comparative Study of Executive Functions in Children and Adolescents between 6 and 17 Years with and without a History of Marijuana Use

Abstract

The development of executive functions from childhood can be affected by marijuana use at an early age. The aim of the research was to compare the performance of executive functions in children between 6 and 17 years old with and without a history of marijuana use. 30 students from Bogotá schools with a history of consumption were recruited, who were evaluated for their executive performance using the BANFE-2 test and the results were compared with a control group. Between 6 and 9 years old there is a significant impairment of all executive processes as a consequence of consumption ($M = 79.8$, $SD = 20.8$) compared to controls ($M = 100.7$, $SD = 7.2$), especially in inhibition and risk-benefit processing, while between 10 and 12 years old the impairment is greater in consumers in all areas of executive functioning in consumers ($M = 72.4$, $SD = 12.85$) compared to controls ($M = 96.3$, $SD = 8.35$). Furthermore, between 13 and 17 years of age, a statistically significant deterioration is expected in all areas of executive performance ($M = 72.6$, $SD = 15.33$) compared to controls ($M = 94.9$, $SD = 11.42$), except in processes such as abstraction and metamemory. It is concluded that marijuana affects the development of executive

processes, especially working memory, cognitive flexibility and planning, being more significant the earlier consumption begins. Since early deficits are maintained into adolescence, these may be associated with both the effects of intoxication and changes in neuronal pathways during the development of the prefrontal cortex as an effect of chronic marijuana use.

Keywords: childhood, adolescence, marijuana use, cognitive performance, executive functions, BANFE-2

Estudio Comparativo de las Funciones Ejecutivas en Niños y Adolescentes Entre 6 y 17 Años Con y Sin Antecedentes de Consumo de Marihuana

La Marihuana es la tercer sustancias psicoactivas con mayor frecuencia de consumo a nivel mundial después del alcohol y el tabaco (Connor et al., 2021). Estudios epidemiológicos reportan que para el año 2018 cerca de 269 millones de personas alrededor del mundo consumieron Marihuana al menos una vez, con un incremento significativo respecto a los 2 años anteriores (Organización Mundial de la Salud, 2020). En América Latina, el consumo de Marihuana es particularmente alto en la población general y está estrechamente asociado con la presencia de historial de violencia familiar, abuso sexual y otros eventos traumáticos en la infancia (Torres-Berrio et al., 2018).

En Colombia, el 47% de consumidores de Marihuana son adolescentes con edades entre 12 y 16 años con una tendencia a iniciar el consumo de Marihuana cada vez más temprano incluso antes de los 9 años (Orejuela et al., 2019). En el caso de Bogotá, la Marihuana fue la sustancia psicoactiva de mayor consumo en 2019, año en el cual se reportaron 371.086 personas con consumo habitual de la sustancia, de las cuales 148.000 presentaban abuso de la misma, con mayor afectación en la población juvenil (Oficina de las Nacional Unidad contra las drogas y el crimen [UNODC], 2019). Aunado a lo anterior, se conoce ampliamente que la edad de inicio temprano del consumo de Marihuana es directamente proporcional tanto al riesgo de establecer un consumo patológico como al nivel de afectación sobre el desarrollo de las funciones ejecutivas (Fontes et al., 2011; Frolli et al., 2021; Noj y Ramirez, 2022).

Existe una amplia producción científica respecto a los efectos del consumo de Marihuana sobre el desempeño de las funciones ejecutivas en la edad adulta. Sin embargo, pocos estudios han abordado dicho fenómeno en la niñez y la adolescencia considerando que el desarrollo de cada función ejecutiva presenta trayectorias diferentes desde la infancia hacia la adolescencia, a la vez que la velocidad a la que cada función ejecutiva se desarrolla es igualmente particular, provocando un desempeño heterogéneo si se comparan niños, adolescentes y adultos (Flores et al., 2014). Debido a la relativa ausencia de estudios centrados en los efectos del consumo de Marihuana sobre el desarrollo las funciones ejecutivas en la niñez y la adolescencia, a propósito de las particularidades en el desarrollo de cada función ejecutiva, resulta relevante estudiar el efecto del consumo de Marihuana sobre las trayectorias de los procesos ejecutivos considerando las particularidades en el desarrollo de las funciones ejecutivas en cada momento vital.

En primera instancia, estudios han encontrado que jóvenes entre los 16 y 24 años quienes iniciaron el consumo de Marihuana de forma temprana presentan una reducción promedio de 8 puntos en el desempeño total del coeficiente intelectual (CI) y no se observa una recuperación del desempeño de la inteligencia a pesar de haber abandonado el consumo en la adultez. Lo cual sugiere que el consumo crónico de Marihuana a edad temprana podría ocasionar un deterioro irreversible en las habilidades de razonamiento global, la memoria de trabajo y la velocidad de procesamiento (Pozo-Hernández et al., 2019).

En relación con la cronicidad en la que aparecen las funciones ejecutivas durante el curso de vida, se ha reportado que los niños desde los 3 a 4 años de edad comienzan a ser sensibles a la retroalimentación de su conducta y son capaces de ponderar cuando una

decisión es más riesgosa que otra, incluso presentan un procesamiento de información negativa más alto que los adultos el cual influye en su toma de decisiones, lo cual puede estar asociado a una sobre activación de la amígdala temporal en esas edades (Humphreys et al., 2019). Otro proceso que tiene un desarrollo acelerado durante la infancia temprana es el control inhibitorio evidenciado a través del efecto Stroop. Al respecto, se ha mencionado que los niños de 4 años ya logran denominar un objeto con un color diferente a los de su prototipo (i.e., ballena roja en lugar de una ballena azul), la automatización de palabras se logra en promedio sobre los 7 años mientras que un desarrollo competitivo de la inhibición se espera sobre los 9 años (Flores et al., 2014).

Respecto a los efectos del consumo de Marihuana sobre procesos ejecutivos de adquisición temprana, estudios reportan que el consumo de Marihuana antes de los 10 años ocasiona un deterioro de la toma de decisiones y de la inhibición que prevalecen hasta la adolescencia (De Bellis et al., 2013; Gruber et al., 2012; Jacobus y Tapert, 2014). Respecto al control inhibitorio, se ha observado que en tareas de tipo Go-No Go y en la prueba de Stop-Signal Task si bien no se suelen observar diferencias entre participantes adolescentes con y sin consumo de Marihuana, si se observó un incremento en la actividad del área cingulada anterior, lo que sugiere un mayor nivel de esfuerzo para mantener el control inhibitorio ante tareas de interferencia. Estos resultados sugieren que la Marihuana genera una afectación dual a lo largo del desarrollo infantil en la que por un lado se incrementa la búsqueda de sensaciones hacia la adolescencia, haciendo que cualquier refuerzo diferente de la sustancia sea menos efectivo que en los participantes no consumidores y por otro lado genera un deterioro del control cognitivo que se manifiesta en dificultades para la toma de decisiones (Araos et al., 2014; Potenza y Morie, 2021).

Otros estudios con participantes adolescentes han observado diferentes grados de impulsividad en el desempeño de tareas de inhibición lo cual se ha asociado con una hipersensibilidad del sistema de recompensa, mientras que paralelamente existe un deterioro en los procesos de control top-down, lo cual ocasiona una pérdida en el control cognitivo e incremento en el riesgo de tomar decisiones incorrectas (Frolli et al., 2021). También en la adolescencia, se reporta un deterioro en la capacidad de toma de decisiones y en el autoanálisis de comportamientos según riesgo-beneficio (deShazo et al., 2019; Moreno et al., 2012), así como una reducción en el volumen de la región prefrontal orbitofrontal (Churchwell et al., 2010; Chye et al., 2020).

Entre las funciones ejecutivas que se desarrollan hacia la niñez intermedia se encuentran la memoria de trabajo. Al respecto, se afirma que el desempeño en tareas de orden progresivo no es significativo durante los 7 y 13 años, pero el desempeño en retención de dígitos inverso se incrementa significativamente al doble durante este rango de edad. Lo anterior sugiere la presencia de mecanismos cognitivos diferentes, por un lado un mecanismo de secuenciación-ordenamiento que se desarrolla en la niñez intermedia y un mecanismo de mantenimiento de la información que se desarrolla más tardíamente (Flores et al., 2014).

En la adolescencia, el consumo de Marihuana puede provocar una hiperactivación de estructuras como la corteza prefrontal dorsolateral (CPFdl), el área cingulada anterior y los ganglios basales durante tareas de memoria de trabajo, lo que sugiere un mecanismo de compensación para satisfacer las demandas de la tarea en ausencia de déficits observados (Cohen y Weinstein, 2018). Hacia la adolescencia media, se presenta una alteración en la

capacidad de actualizar la información necesaria para el cumplimiento de una tarea, lo cual afecta el desempeño cognitivo en tareas de memoria de trabajo y de flexibilidad cognitiva (Winward et al., 2014). En este rango de edad, la afectación por consumo de Marihuana se sitúa a nivel del ejecutivo central encargado de monitorear, corregir y actualizar la información en la memoria de trabajo, de manera que sus afectaciones estarían relacionadas además del déficit en memoria de trabajo, con dificultades para desarrollar estrategias alternativas produciendo más errores perseverativos en estas tareas (Colzato et al., 2011). Mientras que en la adolescencia tardía se observa una hipoactivación en regiones hipocampales bilaterales y CPFdl, concretamente durante las fases de codificación lo que indica un mayor esfuerzo cognitivo en tareas de memoria de trabajo para lograr el mismo desempeño que los participantes sin antecedentes de consumo (Jager et al., 2007). Los hallazgos variables de acuerdo con el rango de edad son una muestra de los cambios en el desempeño que se presentan en función de la edad asociados con el consumo de Marihuana.

Otro proceso cuyo desarrollo se ha mostrado óptimo hacia la infancia intermedia y el cual alcanza su desempeño máximo en promedio sobre los 12 años de edad es la flexibilidad cognitiva (Flores et al., 2014). Respecto a la flexibilidad cognitiva evaluada a través del Wisconsin Card Sorting Test, se ha encontrado que el uso frecuente de Marihuana está relacionado con menor número de categorías completadas, mayor número de errores perseverativos y mayor número de errores de mantenimiento (Figueiredo et al., 2020), siendo el deterioro en este proceso más significativo en tareas de fluencia verbal y tareas con alta carga de control cognitivo verbal (Cohen et al., 2020). Además, se ha observado que el deterioro en procesos como impulsividad, construcción de conceptos, planificación y toma de decisiones pueden quedar permanentemente afectados debido a los efectos negativos de los cannabinoides sobre el desarrollo cortical (Araos et al., 2014), lo cual ocasiona un impacto en el desarrollo de procesos ejecutivos durante la adolescencia (Winward et al., 2014).

La metamemoria es un proceso que se desarrolla también hacia la infancia intermedia. Al respecto, se ha observado que las habilidades de agrupación semántica ya son evidentes a la edad de 10 años, mientras que a los 7 años los niños ya logran establecer estrategias mnemotécnicas de manera consciente. Respecto al consumo de Marihuana, son escasos los estudios centrados en el análisis del desempeño en procesos asociados a la Corteza Prefrontal Anterior (CPFa) tales como la abstracción y la metamemoria (Pozo-Hernández et al., 2019). Sin embargo, las evidencias sobre la reducción de la funcionalidad en la CPF tras el consumo de Marihuana podría indicar que estos procesos también pueden encontrarse alterados (Camchong et al., 2017; Luo et al., 2022), pero no se encuentran evidencias que respaldan fácticamente la afirmación anterior.

Respecto al proceso de planeación, estudios han encontrado que en tareas que requieren la secuenciación de movimientos planificados como en el ejercicio de la torre de Hanoi, los adolescentes alcanzan un desempeño similar al de la adultez sobre los 15 años de edad (Flores et al., 2014). Respecto al efecto del consumo de Marihuana sobre la planeación, se ha observado que los participantes con consumo temprano de Marihuana presentan dificultades para la planificación de actividades diarias como horarios de estudio o de trabajo, dificultad para priorizar tareas, para establecer estructuras y organizar ideas (Flores Lázaro y Ostrosky-Shejet, 2013), mientras que otros estudios han señalado dificultades para generar nuevos comportamientos dirigidos a objetivos y planificar conductas

dirigidas a metas que no involucran una recompensa inmediata, así como para inhibir respuestas impulsivas tras el consumo crónico de Marihuana durante la adolescencia (Verdejo-García et al., 2005).

De los procesos que se desarrollan más tardíamente se encuentra la fluidez verbal (Flores Lázaro y Ostrosky-Shejet, 2013). Respecto al consumo de Marihuana se ha observado que procesos como la flexibilidad mental, la fluidez verbal y la velocidad de procesamiento resultan afectados tras el consumo habitual de Marihuana durante la adolescencia (Brofman y Delgado, 2011; Noj y Ramirez, 2022). Otros estudios han documentado que el déficit en memoria de trabajo y velocidad de procesamiento es directamente proporcional a la frecuencia del consumo, siendo el deterioro más grave en participantes con consumo semanal, debido a la sensibilidad neuronal que se presenta en el proceso de maduración neuronal durante la adolescencia (Frolli et al., 2021). De manera general, la afectación que provoca el consumo crónico de Marihuana sobre los procesos ejecutivos en desarrollo durante la niñez y la adolescencia se encuentra fundamentado en estudios en los que se ha observado cambios en la plasticidad sináptica y alteración de los procesos de poda sináptica que conllevan a un menor tamaño en la CPF (Brofman y Delgado, 2011), así como a las alteraciones en los circuitos cortico-subcorticales (Camchong et al., 2016; Luo et al., 2022).

Con base en lo expuesto hasta el momento, los procesos ejecutivos se desarrollan de manera diferente, algunos adquieren desempeños estables en la infancia temprana como la inhibición y la toma de decisiones, otros adquieren desempeños similares a los de la adultez en la niñez intermedia tales como la planeación, la fluencia verbal, la memoria de trabajo y la flexibilidad cognitiva, mientras que otros se desarrollan de forma más óptima hacia la adolescencia temprana tales como la abstracción y la formación de conceptos (Flores et al., 2014). El desarrollo de las funciones ejecutivas en este sentido se caracteriza por un incremento acelerado de habilidades ejecutivas que forman una línea recta desde la niñez hacia la adolescencia, seguido por un movimiento curvilíneo que indica una desaceleración del desarrollo seguido por una meseta, en la cual el desarrollo de las funciones ejecutivas se estabiliza durante la adolescencia y continúa hacia la adultez (Best y Miller, 2010; Flores Lázaro y Ostrosky-Shejet, 2013). Por este motivo se hace relevante estudiar de manera paralela la forma en la que el consumo de Marihuana afecta el desarrollo de las funciones ejecutivas en determinados momentos del desarrollo considerando que dichos procesos resultan ser fundamentales para el éxito en la vida e influyen de manera directa en el éxito académico desde edades tempranas (Cho et al., 2023), de forma que el objetivo de este estudio es comparar el desempeño en tareas de funcionamiento ejecutivo de niños y adolescentes entre 6 y 17 años con y sin antecedentes de consumo de Marihuana en diferentes rangos de edad.

Método

Participantes

Se realizó un muestreo no probabilístico con el objetivo de seleccionar 60 participantes con edades entre 6 y 17 años en proceso de escolarización en alguna institución

educativa de la ciudad de Bogotá a través de una convocatoria en varios colegios. En dicha convocatoria se publicó el objetivo de la investigación, los beneficios y el tratamiento de los datos personales. Se establecieron algunos criterios de inclusión para el grupo experimental: 1) niños y adolescentes escolarizados con edades entre 6 y 17 años, 2) presentar antecedentes de consumo de Marihuana de mínimo 1 año, y 3) reportar último consumo al menos 1 mes antes de la evaluación. Además, se incluyeron los siguientes criterios de exclusión: 1) presentar antecedentes de consumo de otras sustancias psicoactivas, 2) presentar antecedentes de enfermedad psiquiátrica, 3) presentar antecedentes de consumo de medicamentos psiquiátricos y 4) presentar deterioro visual o acústico que interfiera con la ejecución de la evaluación y con el desempeño cognitivo.

Instrumentos

Ficha de Información Sociodemográfica y Psicosocial

A través de una entrevista semiestructurada se recopiló información relevante para la interpretación y contextualización de los resultados de la investigación tales como: sexo, edad, estado civil, escolaridad, ocupación, lugar de residencia, estrato socioeconómico, antecedentes médicos y consumo de sustancias psicoactivas (SPA), entre otros aspectos.

Mini-International Neuropsychiatric Interview para Niños y Adolescentes (MINI-Kid) Versión en español 5.0.0

Se aplicó la entrevista neuropsiquiátrica internacional (MINI-Kid). Esta herramienta es una entrevista diagnóstica estructurada de aplicación rápida la cual evalúa la presencia de trastornos neuropsiquiátricos con base en los criterios del DSM-IV y del CIE-10. La presencia de cada síntoma se evalúa con un puntaje de 1. La calificación se obtiene sumando las puntuaciones de cada sección y la misma se compara con los siguientes baremos: entre 0-10 = sin problemas significativos, puntuación entre 11-20 = problemas leves, puntuación entre 21-30 = problemas moderados, puntuación entre 31-40 = problemas graves y puntuación superior a 41 = problemas muy graves. Su aplicación tiene una duración promedio de 15 minutos y presenta un nivel de validez y confiabilidad alto (Högberg et al., 2019).

Escala de Matrices Progresivas Raven (Test de Raven)

El objetivo de este instrumento es evaluar el coeficiente intelectual a partir del razonamiento por analogías, la comprensión de formas y la capacidad de razonamiento por medio de estímulos figurativos. Para los participantes con edad superior a los 10 años se aplicó la Standard Progressive Matrices (SPM) consistente en un conjunto de matrices agrupadas en 5 series de 12 matrices cada una, mientras que para los participantes con edad inferior a los 10 años se utilizó la escala Coloured Progressive Matrices (CPM), la cual consiste en 36 matrices agrupadas en tres series de doce matrices cada una. Para la calificación, cada uno de los aciertos se puntúa con 1, se suman y se ponderan los resultados para extraer una medida de inteligencia fluida (Langener et al., 2022).

Batería Neuropsicológica de Funciones Ejecutivas y Lóbulos Frontales (BANFE-2)

La prueba fue diseñada en México y publicada en el año 2014, en la cual se integran 14 subpruebas que evalúan varios dominios ejecutivos y puede ser aplicada a participantes

desde los 6 años hasta los 85 años. La prueba presenta 4 subescalas: total área orbitofrontal, total área prefrontal anterior y total área dorsolateral y total funciones ejecutivas. Las puntuaciones de cada escala presentan una media de 100 y desviación estándar 15, en las que un resultado entre 85-115 se considera normal, una puntuación entre 70-84 se considera alteración leve-moderada y una puntuación inferior a 69 se considera como alteración severa. La prueba presenta un nivel de confiabilidad entre aplicaciones superior al 80 % mientras que su sensibilidad puede variar entre un 85 % para participantes con secuela de daño cerebral hasta un 90 % para participantes con declive cognitivo. Así mismo, informan que presenta una alta validez de constructo dado que las subpruebas se encuentran evaluadas sobre estudios de neuroimagen cerebral en vivo (Flores Lázaro y Ostrosky-Solís, 2013).

Procedimiento

Se realizó una convocatoria en redes sociales para diferentes colegios en la ciudad de Bogotá, en la cual se exponía el objetivo y los beneficios de la investigación y los interesados podían enviar un formulario para la preinscripción. Se identificaron los candidatos potenciales y se citó a los mismos a una jornada de socialización del proyecto, en la cual se expusieron los objetivos, ventajas y desventajas de la investigación. Los interesados firmaron el consentimiento y asentimiento informado ingresando al proyecto en calidad de candidatos y se les asignó una cita individual para la continuación de la segunda fase de la investigación.

En sesión individual se aplicó la entrevista semiestructurada para identificar información sociodemográfica, así como para identificar uso, frecuencia e historia de consumo de sustancias psicoactivas. Posteriormente, se realizó la aplicación del cuestionario MINI-KID para niños y adolescentes con el fin de identificar la existencia de trastornos neuropsiquiátricos que pudiera invalidar los resultados de las pruebas. Estas pruebas se aplicaron con el fin de verificar el cumplimiento de los criterios de inclusión y una vez se identificó el cumplimiento de estos, los candidatos fueron vinculados al proyecto en calidad de participantes. Finalmente, se convocó a todos los participantes a una segunda sesión individual en la cual se aplicó la escala de matrices progresivas Raven Color (Test de Raven) y se realizó la aplicación de la BANFE-2.

Consideraciones Éticas

El objetivo del proyecto, así como el tratamiento de los participantes y el manejo de resultados, se encuentra bajo las consideraciones de la declaración de Helsinki para estudios médico-científicos, así como en la resolución número 008430 del Ministerio de Salud de 1993, la cual detalla las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud en Colombia. El anteproyecto fue validado por el comité de ética de la Universidad San Buenaventura sede Bogotá.

Análisis de Datos

Inicialmente se realizó un análisis descriptivo de información sociodemográfica comparando al grupo con antecedentes y al grupo sin antecedentes de consumo, en el cual se analizaron los promedios y desviaciones estándar de variables como género, edad y escolaridad. En la descripción de los datos se incluyeron los promedios y desviaciones estándar obtenidas en la prueba de matrices de Raven y en el MINI-Kid para ambos grupos de investigación. Debido a

que la variable género es una variable de frecuencia se utilizó un estadístico chi cuadrado, mientras que para las demás variables de magnitudes se utilizó un estadístico T-Student para determinar la presencia de diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos. Posteriormente, se realizó un análisis descriptivo de los desempeños en tareas de funcionamiento ejecutivo tomando los totales de las cuatro áreas de la batería BANFE 2 (área orbitofrontal, área prefrontal anterior, área dorsolateral y total funciones ejecutiva). De estas variables se analizaron los promedios y desviaciones estándar comparando el desempeño de cada área en ambos grupos de investigación.

Debido a que la intención de la investigación es realizar una aproximación sobre los efectos de la Marihuana en el desarrollo de las funciones ejecutivas durante la infancia y adolescencia, los grupos con antecedentes y sin antecedentes de consumo fueron divididos en tres grupos considerando su rango de edad: 6-9 años, 10 a 12 años y 13 a 17 años con el fin de identificar puntualmente la afectación de la Marihuana sobre el desarrollo de las funciones ejecutivas según etapa del desarrollo. Además, estos grupos fueron asignados con base en el número de pruebas aplicadas en la BANFE-2 ya que según el manual existe pruebas que solos son aplicadas para determinados rangos de edad, tales como los seleccionados para el análisis de datos. Esto permite identificar puntualmente afectaciones en la niñez temprana, intermedia y adolescencia asociadas al consumo de la sustancia.

Finalmente, se realizó un análisis comparativo de las áreas en cada uno de los grupos. Inicialmente se tomaron los datos del desempeño de cada área en cada grupo de análisis y se le aplicó la prueba de Shapiro-Wilk con el fin de identificar o descartar la existencia de distribución normal en los datos de cada variable. Para los tres grupos de comparación, la prueba Shapiro-Wilk arrojó que estos no se distribuían normalmente por lo que se utilizó un estadístico no paramétrico como la U de Mann-Whitney, mientras que cuando se tomaron los resultados de los participantes de todas las edades, la prueba Shapiro-Wilk indicó que estos si se distribuían normalmente, por lo que se decidió utilizar un estadístico paramétrico como la T-student para analizar los resultados globales del desempeño ejecutivo. Para todos los resultados comparativos se consideró una diferencia estadísticamente significativa cuando p valor $< 0,05$, así mismo se utiliza una medida de tamaño del efecto que para el caso del estadístico U de Mann-Whitney es la correlación de rangos (r_B) mientras que para el estadístico T-student se utiliza la medida d de Cohen con el fin de evaluar el nivel de relación entre el consumo de Marihuana y el desempeño ejecutivo.

Resultados

Se realizó un análisis de las variables sociodemográficas, así como de los resultados de las pruebas de selección como el test de matrices de Raven y el cuestionario MINI-Kid para identificar criterios de inclusión en los participantes. En la Tabla 1 se presenta el total de participantes seleccionados para el grupo de referencia y grupo control, así como el análisis descriptivo y comparativo de la información sociodemográfica y los resultados del test de matrices de Raven y MINI-Kid para ambos grupos de investigación. En esta tabla se muestra un total de 30 participantes asignados para cada grupo de investigación. A pesar de que en el grupo con antecedentes de consumo hay una mayor proporción de mujeres, no existen diferencias

significativas en cuanto al género entre ambos grupos. Tampoco se presentaron diferencias significativas en cuanto a edad, escolaridad y coeficiente intelectual. Respecto al puntaje promedio del Mini-Kid, este fue más alto que el del grupo sin antecedentes de consumo con un promedio cercano al punto de corte (10), sin embargo, dicho puntaje se considera según la interpretación de la prueba “sin problemas significativos” y no presenta diferencias significativas respecto al grupo sin antecedentes.

Tabla 1

Datos sociodemográficos de los grupos con y sin consumo de marihuana

n	Con consumo			Sin Consumo			x ²	p
	30			30				
Género M(F)	9(21)			14(16)			0.62	0.43
	Min-Max	M	DE	Min-Max	M	DE	t	p
Edad	6 - 17	10.9	3.1	6 - 17	11.1	3.2	0.25	0.81
Escolaridad	2 - 6	3.6	0.9	2 - 6	3.8	1.1	0.89	0.38
Matrices Raven (CI)	35 - 58	45.8	5.7	36 - 55	45.9	5,0	0.1	0.92
MINI-Kid	1 - 10	9.8	2.5	1 - 9	4.7	5.7	-1.85	0.07

Nota. Min (valor mínimo), Max (valor máximo), M (Promedio), DE (Desviación estándar). x² (valor del estadístico Chi – cuadrado). Género M (F) (masculino (femenino)) p (valor de p). CI (coeficiente intelectual).

En la Tabla 2 se observan algunos datos relacionados con la edad de inicio, frecuencia y patrones de consumo de los participantes del grupo con antecedentes de consumo. Los datos indican que las edades en las que la mayoría de los participantes iniciaron el consumo de marihuana fue durante la niñez intermedia específicamente a los 10 años de edad. Otras edades con proporción alta de inicio de consumo son en la niñez temprana sobre los 6 y 7 años de edad. El 80 % de los participantes reportaron tener una frecuencia de consumo 1 cigarrillo de Marihuana diario, mientras que el 20 % restante reportó consumir dos cigarrillos de Marihuana diarios.

Tabla 2

Aspectos relacionados con los patrones de uso de la sustancia en el grupo con consumo de Marihuana

Variable	Nivel	Total	Proporción
Edad de inicio de consumo	6	4	13 %
	7	4	13 %
	8	2	7 %
	9	3	10 %
	10	6	20 %
	11	3	10 %

continuación			
	12	3	10 %
	13	1	3 %
	14	1	3 %
	15	2	7 %
	16	1	3 %
Frecuencia Consumo	Diario	30	100%
	1	24	80%
Dosis Consumo cigarrillo	2	6	20%

Respecto al análisis del desempeño de las funciones ejecutivas en niños entre 6 y 9 años (ver Tabla 3), el grupo consumidor obtuvo un desempeño ejecutivo que de acuerdo con la prueba BANFE-2 se considera una alteración leve-moderada en las 4 áreas de evaluación. En contraste, los desempeños de los participantes sin antecedentes de consumo de Marihuana fueron normales.

Tabla 3

Comparación del desempeño ejecutivo entre participantes con consumo y sin consumo de Marihuana entre los 6 y 9 años de edad

Área	Con Consumo				Sin Consumo				Resultados Comparativos		
	Min-Max	M	DE	In	Min-Max	M	DE	In	W	p	rB
Orbitofrontal	67-125	79	17.5	A. L - M	86-114	97.2	9.65	N	87	0.006	0.74
Prefrontal Anterior	72-103	83.4	11.1	A. L - M	87-103	94.1	6.19	N	80	0.025	0.60
Dorsolateral	73-131	84.4	18.7	A. L - M	93-132	105.8	10.9	N	85.5	0.008	0.71
Funciones Ejecutivas	67-132	79.8	20.8	A. L - M	92-115	100.7	7.2	N	84	0.011	0.68

Nota: Min (valor mínimo), Max (valor máximo), M (Promedio), DE (Desviación estándar), In (Interpretación de resultado). A. L - M (alteración entre leve y moderada) N (Normal). W (valor del estadístico U de Mann-Whitney). p (p valor) y correlación de rangos (rB).

Respecto a los resultados comparativos, los participantes consumidores tuvieron puntajes significativamente diferentes a los de los participantes no consumidores en las cuatro áreas con un efecto de tamaño moderado. En síntesis, los resultados indican que los participantes entre 6 y 9 años sin antecedentes de consumo tuvieron desempeños significativamente superiores a los de los participantes consumidores con las mismas edades en todas las áreas relacionadas con el funcionamiento ejecutivo y la diferencia más significativa se presentó en el área orbitofrontal seguido del área dorsolateral.

En la Tabla 4 se presentan los resultados del funcionamiento ejecutivo del siguiente grupo etario de comparación correspondiente a los participantes entre 10 y 12 años de edad. En la tabla se puede observar que los participantes con antecedentes de consumo de Marihuana tuvieron un promedio que refleja una alteración leve-moderada en todas las áreas, mientras que los participantes sin antecedentes de consumo obtuvieron desempeños normales. En relación con los resultados comparativos, se observa que los desempeños de los participantes sin antecedentes de consumo son estadísticamente diferentes a los de los participantes con antecedentes de consumo en todas las áreas. La diferencia significativa en el área orbitofrontal y en el total de funciones ejecutivas presenta un efecto moderado, mientras que en el área dorsolateral el tamaño del efecto fue grande. En síntesis, se observa por tanto todas las diferencias fueron estadísticamente significativas y se resalta que las mayores diferencias en el desempeño ejecutivo estuvieron en los procesos asociados al área prefrontal medial seguido del área dorsolateral.

Tabla 4

Comparación del desempeño ejecutivo entre participantes con consumo y sin consumo de marihuana entre los 10 y 12 años de edad

Área	Con Consumo				Sin Consumo				Resultados Comparativos		
	Min-Max	M	DE	In	Min-Max	M	DE	In	W	p	rB
Orbitofrontal	66-102	79.4	13.83	A. L - M	69-105	92.5	11.42	N	77.5	0.041	0.55
Prefrontal Anterior	64-114	84.1	14.72	A. L - M	89-114	98.8	9.6	N	2.64	0.016	1.18
Dorsolateral	63-100	74.7	10.83	A. L - M	85-113	98.2	8.68	N	94	0.001	0.88
Funciones Ejecutivas	58-101	72.4	12.85	A. L - M	85-110	96.3	8.35	N	4.93	0.001	0.67

Nota. Min (valor mínimo), Max (valor máximo), M (Promedio), DE (Desviación estándar), In (Interpretación de resultado). A. L -M (alteración entre leve y moderada) N (Normal). W (valor del estadístico U de Mann-Whitney). p (p valor) y correlación de rangos (rB).

La Tabla 5 presenta los resultados en funcionamiento ejecutivo de los participantes con y sin consumo de Marihuana con edades entre 13 y 17 años. Los participantes del grupo consumidor presentan una alteración de tipo leve-moderada en todas las áreas de funcionamiento ejecutivo, mientras que los no consumidores presentan un desempeño normal. La tabla muestra que en todas las áreas se presentaron diferencias estadísticamente significativas con tamaños del efecto grande, excepto en el área prefrontal anterior en la que no se presentaron diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 5

Comparación del desempeño ejecutivo entre participantes con consumo y sin consumo de marihuana entre los 13 y 17 años de edad

Área	Con Consumo				Sin Consumo				Resultados Comparativos		
	Min-Max	M	DE	In	Min-Max	M	DE	In	T	p	C's d
Orbitofrontal	44-125	83.8	20.46	A. L - M	89-121	106.1	12.28	N	2.96	0.0084	1.32
Prefrontal Anterior	70-112	84.7	12.56	A. L - M	76-117	94.5	12.48	N	1.75	0.1	0.78
Dorsolateral	45-98	74.3	14.16	A. L - M	77-109	93	10.8	N	3.32	0.0038	1.49
Funciones Ejecutivas	50-105	72.6	15.33	A. L - M	78-111	94.9	11.42	N	3.69	0.0016	1.65

Nota. Min (valor mínimo), Max (valor máximo), M (Promedio), DE (Desviación estándar), In (Interpretación de resultados promedio). A. L - M (alteración entre leve y moderada). N (normal). T (valor del estadístico T-Student). p (p valor). C's d (medida Cohen's d: tamaño del efecto como estadístico).

En la Tabla 6 se presenta un análisis global del desempeño ejecutivo de los 60 participantes de la muestra, en donde se observa que todas las áreas en el grupo consumidor presentan una alteración leve-moderada mientras que los no consumidores presentaron resultados normales. Se observa además que existen diferencias estadísticamente significativas con tamaños del efecto grande.

Tabla 6

Comparación general del desempeño ejecutivo entre participantes con consumo y sin consumo de Marihuana

Área	Con Consumo				Sin Consumo				Resultados Comparativos		
	Min-Max	M	DE	In	Min-Max	M	DE	In	T	p	C's d
Orbitofrontal	44-125	80.73	17.02	A. L - M	69-121	98.6	12.21	N	46.72	< .001	1.21
Prefrontal Anterior	63-114	84.07	11.21	A. L - M	76-117	95.8	9.67	N	40.76	< .001	1.05
Dorsolateral	45-131	77.8	15.19	A. L - M	77-132	99	11.21	N	61.51	< .001	1.59
Funciones Ejecutivas	50-132	74.93	16.46	A. L - M	78-115	97.3	9.20	N	64.96	< .001	1.68

Nota. Min (valor mínimo), Max (valor máximo), M (Promedio), DE (Desviación estándar), In (Interpretación de resultados promedio con base en el manual de la BANFE-2). A. L - M (alteración entre leve y moderada). N (normal). T (valor del estadístico de prueba T-Student). p (p valor). C's d (medida C Cohen's d: tamaño del efecto).

Discusión

La presente investigación tuvo como objetivo comparar las funciones ejecutivas de niños y adolescentes entre 6 y 17 años con y sin antecedentes de consumo de Marihuana. Se realizó un muestreo no probabilístico tomando 60 participantes, la mitad de ellos con antecedentes de consumo de Marihuana y la otra mitad sin antecedentes de consumo, a quienes se les realizó una evaluación transversal a través de la batería de lóbulos frontales y funcionamiento ejecutivo BANFE-2. El desempeño ejecutivo de los participantes fue analizado en función de tres grupos de edad asignados con el objetivo de analizar el desarrollo de las funciones ejecutivas en determinadas edades: 6 a 9 años, 10 a 12 años y 13 a 17 años.

Los resultados de la prueba de matrices de Raven para evaluar el coeficiente intelectual indican que no existen diferencias significativas en cuanto al desempeño cognitivo global. Estos hallazgos están relacionados con reportes previos en los que se indica que el inicio temprano del consumo de Marihuana no provoca un deterioro del funcionamiento cognitivo global sino hasta varios años después de haber iniciado el consumo así como tampoco se presentan diferencias neuroanatómicas hasta varios años después de haber iniciado el consumo (Osuch et al., 2016) de manera que los bajos puntajes en CI como consecuencia de la Marihuana pueden esperarse tras el uso crónico de la sustancia, la cual produce deterioros irreversibles en la adultez a pesar de haber abandonado el consumo (Frolli et al., 2021; Pozo-Hernández et al., 2019). Adicionalmente, se ha mencionado que el deterioro cognitivo global como efecto de la Marihuana obedece más a factores como una frecuencia de consumo de la sustancia por encima de 5 cigarrillos diarios (Fried et al., 2002), mientras que un consumo frecuente genera mayor impacto debido a la sensibilidad neuronal propia del periodo adolescente (Frolli et al., 2021). Lo anterior concuerda con los resultados de este estudio en el sentido en que la edad promedio de los participantes del grupo consumidor fue 10,9 años y la edad de inicio de consumo promedio fue de 10,2, mientras que la frecuencia de consumo fue inferior a dos cigarrillos diarios, por lo que el corto intervalo de tiempo entre el inicio de consumo y la edad actual, así como la baja dosis de la sustancia podrían no ser suficientes para ocasionar un deterioro en el funcionamiento cognitivo global.

Por otra parte, los resultados obtenidos en el MINI-Kid sugiere que los participantes con antecedentes de consumo de Marihuana presentan mayor cantidad de síntomas neuropsiquiátricos, aunque sin diferencias estadísticamente significativas. Estudios recientes informan que el uso frecuente de Marihuana está asociado con un amplio rango de problemas psiquiátricos, entre los que se destaca la presencia de sintomatología psicótica (García Álvarez et al., 2019; Karila et al., 2014; Vaucher et al., 2018), pero también se encuentra asociado con trastornos del estado de ánimo y trastornos de ansiedad (Osuch et al., 2016; Rusby et al., 2019). Lo anterior indica que posiblemente, el obtener una muestra más grande de participantes podría desplazar el efecto estadístico permitiendo que el reporte de sintomatología neuropsiquiátrica a través del MINI-Kid pudiera resultar estadísticamente superior en el grupo con antecedentes de consumo.

Respecto a los resultados en el desempeño ejecutivo de niños entre los 6 y 9 años, los participantes consumidores presentaron desempeños significativamente más bajos en todas las áreas, con un efecto más significativo en el área orbitofrontal la cual regula procesos como control inhibitorio, procesamiento riesgo-beneficio, mantenimiento de selecciones y regulación

emocional (Flores et al., 2014). Investigaciones previas corroboran que en edades iniciales el consumo de Marihuana genera alteraciones en regiones prefrontales fronto-mediales asociadas con el control inhibitorio (Chye et al., 2020; Guo et al., 2020; Noland et al., 2003; Paige y Colder, 2020) y por regiones orbitofrontales como el procesamiento riesgo beneficio (De Bellis et al., 2013). Los resultados de estas investigaciones sugieren que el consumo temprano de Marihuana antes de los 10 años genera un impacto sobre las habilidades de inhibición y en toma de decisiones que perduran hasta la etapa adolescente (De Bellis et al., 2013; Gruber et al., 2012).

Por otro lado, se observa que en el grupo de participantes de 10 a 12 años todas las escalas tuvieron diferencias estadísticamente significativas, sin embargo, en esta ocasión los tamaños del efecto indican que las áreas más comprometidas son la corteza prefrontal medial y la corteza dorsolateral. Lo anterior concuerda con lo reportado por revisiones sistemáticas en las cuales se ha mencionado que el consumo crónico de Marihuana por más de 6 meses causa dificultades en procesos como inhibición, incremento de la impulsividad, alteraciones en flexibilidad cognitiva, atención compleja, memoria de trabajo y memoria a largo plazo, procesos asociados al funcionamiento de la región dorsolateral (Figueiredo et al., 2020). En la misma línea, investigaciones han demostrado que el consumo prolongado de Marihuana modifica la dinámica de funcionamiento de neurotransmisores como los cannabinoideos y el GABA a nivel de la corteza prefrontal dorsolateral, además de inducir cambios en el grosor de dicha región cortical que estarían estrechamente ligados con déficit en su funcionamiento (Cohen y Weinstein, 2018; Renard et al., 2018; Taurisano et al., 2021).

Respecto al desempeño en el grupo de participantes entre 13 y 17 años, se presentó un deterioro en funciones ejecutivas en todas las cuatro áreas de evaluación excepto en el área prefrontal anterior la cual se encarga de procesos como la abstracción, la formación de conceptos y la metacognición. De acuerdo con las trayectorias del desarrollo de las funciones ejecutivas, estos procesos tienen un rápido crecimiento precisamente en la niñez tardía y comienzos de la adolescencia (Flores et al., 2014), paralelamente otros estudios han reportado que el área prefrontal anterior presenta un importante proceso de mielinización durante la infancia tardía e inicios de la adolescencia generando incrementos en habilidades como la memoria de trabajo, integración de experiencias pasadas con perspectivas futuras, asociación de datos discontinuos, capacidad de abstracción y adquisición de valores abstractos (Levy, 2024).

A nivel global, todos los grupos se presentan déficits significativos en los procesos de inhibición y procesamiento riesgo-beneficio asociados al funcionamiento de la corteza orbitofrontal. Estudios previos sugieren que alteraciones en estos dos procesos pueden comenzar entre los 6 y 8 años y continuar hacia la adolescencia tal como se observó en este estudio (Gruber et al., 2012; Jacobus y Tapert, 2014). Los estudios en los que se ha encontrado alteraciones en la respuesta del sistema de recompensa, también reportan un deterioro en los procesos de inhibición y de procesamiento riesgo-beneficio como consecuencia del consumo de Marihuana desde edades tempranas que se prolonga hacia la adolescencia (Frolli et al., 2021; Jacobus y Tapert, 2014). Otros estudios reportan cambios en la activación de regiones orbitofrontales bilateral y en los mecanismos de reforzamiento produciendo alteraciones crónicas en toma de decisiones e inhibición (De Bellis et al., 2013), así como en la toma de decisiones y planificación (Churchwell et al., 2010; Chye et al., 2020; Shollenbarger et al., 2015).

En relación con otros procesos ejecutivos asociados al área prefrontal anterior, existen pocos estudios en los que se haya evaluado habilidades metacognitivas en consumidores de

Marihuana a edades tempranas. En esta investigación se encontró que procesos como la metamemoria, la abstracción y la comprensión del sentido figurado se encuentran gravemente alterados tanto en la niñez temprana como en la niñez intermedia, pero tiende a mejorar hacia la adolescencia. En ausencia de estudios relacionados, autores han mencionado una alteración de la arquitectura de los circuitos cortico-subcorticales y de las regiones prefrontales que afecta la ejecución de procesos top-down (Jacobus y Tapert, 2014), mientras que otros autores han destacado un menor grosor en el área prefrontal anterior en adolescentes consumidores de Marihuana, siendo dicha diferencia mayor en aquellos quienes comenzaron a consumir más tempranamente (Filbey et al., 2015). Es posible que el deterioro de la CPFa y de los procesos asociados, dependa de la edad de inicio del consumo, de forma que quienes comenzaron a consumir más tardíamente, no presentan un deterioro significativamente diferente a quienes no consumen, tal como se observó en este estudio, sin embargo, se requiere realizar más estudios para confirmar la hipótesis recientemente planteada.

Respecto a los procesos asociados a la corteza prefrontal dorsolateral, diversos estudios han corroborado que el consumo de Marihuana en edad adolescente afecta procesos como la memoria de trabajo, observado en un menor número de respuestas correctas en pruebas de organización de estímulos de diferente categoría, hallazgo el cual se correlaciona con una reducción del volumen hipocampal izquierdo en comparación con participantes sin consumo de Marihuana (Paul y Bhattacharyya, 2021) y con una hipoperfusión de la región dorsolateral izquierda (Ho et al., 2023; Tervo-Clemmens et al., 2018). Los déficits ejecutivos generales observados en participantes con antecedentes de consumo de Marihuana, se encuentran asociados a diferente tipo de mecanismo fisiopatológico que altera el funcionamiento de los lóbulos frontales (Shollenbarger et al., 2015).

Realizando una síntesis de dichos mecanismos fisiopatológicos, se tiene por un lado que estudios reportan la presencia de una disfunción en el funcionamiento de la región dorsolateral especialmente relacionada con la alteración de los sistemas cannabinoides y de los sistemas asociados al GABA que comunican la región prefrontal dorsolateral con regiones subcortical (Cohen y Weinstein, 2018; Renard et al., 2018; Taurisano et al., 2021). Otros estudios han observado que existe una alteración a nivel del circuito de recompensa cerebral que involucra directamente las conexiones entre la corteza orbitofrontal y las conexiones eferentes y aferentes relacionadas con estructuras subcorticales como el núcleo accumbens y el área tegmental ventral, de manera que la disrupción en estas áreas estaría directamente relacionada con los déficits en inhibición y en procesamiento riesgo-beneficio (Guo et al., 2020; Paige y Colder, 2020). Es claro que en todos los grupos de consumidores hay una disfunción ejecutiva en la que se sugiere que hay una afectación más grave cuando el consumo se presenta en edades tempranas, en relación con el grupo de menor edad (6 a 9 años) versus los demás grupos etarios, se concluye que las funciones ejecutivas mayormente afectadas son, control inhibitorio, memoria de trabajo, metamemoria, flexibilidad mental y toma de decisiones, mientras en los grupos de mayor edad se evidencia mayor afectación en la planeación, flexibilidad mental, fluidez verbal y memoria de trabajo.

Limitaciones y Conclusión

Algunas limitaciones del estudio están relacionadas con las dificultades presentadas para la selección de la muestra. En primera instancia, debido a que la mayoría de los participantes

experimentaron en su infancia fenómenos de violencia, carencia de recursos, entre otros eventos potencialmente traumáticos, estos factores pueden encontrarse participando tanto en el inicio como el mantenimiento del consumo los cuales no fueron incluidos dentro del análisis de resultados en esta investigación. Una segunda limitación está relacionada con el bajo tamaño de la muestra ya que, al incluir solo a 10 participantes por cada grupo de análisis, los resultados pueden presentar limitaciones en cuanto a su generalización. Otra limitación, se encuentra relacionada con la ausencia de baremos colombianos para la interpretación de resultados de la BANFE-2, de manera que los resultados respecto al desempeño cognitivo deberían estudiarse con cautela y teniendo en cuenta que las diferencias presentadas entre participantes con y sin antecedentes de consumo no cuentan con una normalización adaptada a la población colombiana.

A manera de conclusión, en el grupo de participantes de 6 a 9 años, aquellos con antecedentes de consumo de sustancias presentan un desempeño significativamente inferior en todas las áreas de funcionamiento ejecutivo en comparación con los no consumidores, siendo el deterioro a nivel orbitofrontal y dorsolateral los más relevantes. Respecto al grupo de participantes de 10 a 12 años, aquellos con antecedentes de consumo, presentaron un desempeño significativamente inferior en procesos asociados al área prefrontal medial como inhibición, toma de decisiones y seguimiento de reglas y en el área dorsolateral, especialmente en procesos como: memoria de trabajo verbal y visoespacial, fluidez verbal, planeación visoespacial, abstracción y metamemoria. Mientras que, respecto al grupo de participantes entre 13 y 17 años, las áreas orbitofrontales y dorsolaterales presentaron desempeños significativamente diferente, con alteraciones especial para el grupo consumidor en procesos como: planeación, control inhibitorio, toma de decisiones y flexibilidad cognitiva, memoria de trabajo, fluidez verbal y planeación visoespacial.

Los resultados generales del estudio indican que el deterioro ejecutivo global, no depende solamente de los efectos neurotóxicos inmediatos asociados con la intoxicación a corto o largo plazo de la Marihuana, sino que el deterioro ejecutivo está asociado con cambios en las trayectorias del desarrollo neuronal que modifican el funcionamiento normal de las estructuras cortico-subcorticales y su desarrollo adecuado desde la adolescencia hacia la adultez, tal como se ha observado que la Marihuana genera cambios en las trayectorias de la sustancia blanca y la sustancia gris desde la infancia hacia la adolescencia (Jacobus y Tapert, 2014). Con base en los resultados de esta investigación, sería pertinente que las instituciones prestadoras de salud desarrollen protocolos de evaluación neurocognitiva para niños y adolescentes con problemas de consumo de Marihuana, lo cual permitiría mejorar la calidad de la evaluación, así como brindar una prognosis más amplia de cada uno de los casos. Así mismo, sería adecuado incluir sesiones de habilitación o rehabilitación cognitiva dentro del tratamiento integral para los participantes con consumo de Marihuana con una evaluación neuropsicológica previa que dé cuenta a profundidad de cada una de los procesos cognitivos y la funcionalidad neuropsicológica de la persona.

Referencias

- Araos, P., Calado, M., Vergara-Moragues, E., Pedraz, M., Pavón, F. J., y Rodríguez de Fonseca, F. (2014). Adicción a cannabis: Bases neurobiológicas y consecuencias médicas. *Revista Española de Drogodependencias*, 2, 9-30.
- Best, J. R., y Miller, P. H. (2010). A developmental perspective on executive function. *Child Development*, 81(6), 1641-1660. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2010.01499.x>
- Brofman, J., y Delgado, C. (2011). Evaluación neuropsicológica en un caso de consumo de cannabis. *Ajayu Órgano de Difusión Científica del Departamento de Psicología UCBS*, 10(1), 53-83.
- Camchong, J., Lim, K. O., y Kumra, S. (2017). Adverse effects of cannabis on adolescent brain development: A longitudinal study. *Cerebral Cortex*, 27(3), 1922–1930. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhw015>
- Cho, I., Hosseini-Kamkar, N., Song, H., y Morton, J. B. (2023). Culture, executive functions, and academic achievement. *Frontiers in Psychology*, 14, 1100537. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1100537>
- Churchwell, J. C., Lopez-Larson, M., y Yurgelun-Todd, D. A. (2010). Altered frontal cortical volume and decision making in adolescent cannabis users. *Frontiers in Psychology*, 1, 225. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2010.00225>
- Chye, Y., Christensen, E., y Yücel, M. (2020). Cannabis use in adolescence: A review of neuroimaging findings. *Journal of Dual Diagnosis*, 16(1), 83-105. <https://doi.org/10.1080/15504263.2019.1636171>
- Cohen, K., Mama, Y., Rosca, P., Pinhasov, A., y Weinstein, A. (2020). Chronic use of synthetic cannabinoids is associated with impairment in working memory and mental flexibility. *Frontiers in Psychiatry*, 11, 602. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00602>
- Cohen, K., y Weinstein, A. (2018). The effects of cannabinoids on executive functions: Evidence from cannabis and synthetic cannabinoids—A systematic review. *Brain Sciences*, 8(3), 40. <https://doi.org/10.3390/brainsci8030040>
- Colzato, L. S., Ruiz, M. J., van den Wildenberg, W. P., y Hommel, B. (2011). Khat use is associated with impaired working memory and cognitive flexibility (2011). *PLoS One*, 6(6), e20602. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0020602>
- Connor, J. P., Stjepanović, D., Le Foll, B., Hoch, E., Budney, A. J., y Hall, W. D. (2021). Cannabis use and cannabis use disorder. *Nature Reviews Disease Primers*, 7(1), 16. <https://doi.org/10.1038/s41572-021-00247-4>
- De Bellis, M. D., Wang, L., Bergman, S. R., Yaxley, R. H., Hooper, S. R., y Huettel, S. A. (2013). Neural mechanisms of risky decision-making and reward response in adolescent onset cannabis use disorder. *Drug and Alcohol Dependence*, 133(1), 134-145. <https://doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2013.05.020>
- deShazo, R. D., Parker, S. B., Williams, D., Ingram, J. B., Elsohly, M., Rodenmeyer, K., y McCullough, K. (2019). Marijuana's effects on brain structure and function: What do we know and what should we do? A brief review and commentary. *American Journal of Medicine*, 132(3), 281-285. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2018.09.006>
- Figueiredo, P. R., Tolomeo, S., Steele, J. D., y Baldacchino, A. (2020). Neurocognitive consequences of chronic cannabis use: A systematic review and meta-analysis.

- Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 108, 358-369.
<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2019.10.014>
- Filbey, F. M., McQueeney, T., DeWitt, S. J., y Mishra, V. (2015). Preliminary findings demonstrating latent effects of early adolescent marijuana use onset on cortical architecture. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 16, 16-22.
<https://doi.org/10.1016/j.dcn.2015.10.001>
- Flores, J. C., Castillo-Preciado, R. E., y Jiménez-Miramonte, N. A. (2014). Desarrollo de funciones ejecutivas, de la niñez a la juventud. *Anales de Psicología*, 30(2), 463-473.
<https://doi.org/10.6018/analesps.30.2.155471>
- Flores Lázaro, J. C., y Ostrosky-Shejet, F. (2013). *Desarrollo neuropsicológico de lóbulos frontales y funciones ejecutivas* (1a. ed.). Manual Moderno.
- Fontes, M. A., Bolla, K. I., Cunha, P. J., Almeida, P. P., Jungerman, F., Laranjeira, R. R., Bressan, R. A., y Lacerda, A. L. T. (2011). Cannabis use before age 15 and subsequent executive functioning. *British Journal of Psychiatry*, 198(6), 442-447.
<https://doi.org/10.1192/bjp.bp.110.077479>
- Fried, P., Watkinson, B., James, D., y Gray, R. (2002). Current and former marijuana use: Preliminary findings of a longitudinal study of effects on IQ in young adults. *Canadian Medical Association Journal*, 166(7), 887-891.
- Frolli, A., Ricci, M. C., Cavallaro, A., Lombardi, A., Bosco, A., Di Carmine, F., Operto, F. F., y Franzese, L. (2021). Cognitive development and cannabis use in adolescents. *Behavioral Sciences*, 11(3), 37. <https://doi.org/10.3390/bs11030037>
- García Álvarez, L., Gomar, J. J., García-Portilla, M. P., y Bobes, J. (2019). Consumo de cannabis y alteraciones cognitivas en esquizofrenia y primeros episodios psicóticos. *Adicciones*, 31(2), 89. <https://doi.org/10.20882/adicciones.1328>
- Gruber, S. A., Sagar, K. A., Dahlgren, M. K., Racine, M., y Lukas, S. E. (2012). Age of onset of marijuana use and executive function. *Psychology of Addictive Behaviors*, 26(3), 496-506.
<https://doi.org/10.1037/a0026269>
- Guo, S., Huang, Y., Zhang, Y., Huang, H., Hong, S., y Liu, T. (2020). Impacts of exercise interventions on different diseases and organ functions in mice. *Journal of Sport and Health Science*, 9(1), 53-73. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2019.07.004>
- Ho, B.-C., Barry, A. B., Koepfel, J. A., Macleod, J., Boyd, A., David, A., y O'Leary, D. S. (2023). Recreational marijuana use, adolescent cognitive development, and schizophrenia susceptibility. *Biological Psychiatry Global Open Science*, 3(2), 222-232.
<https://doi.org/10.1016/j.bpsgos.2022.01.008>
- Högberg, C., Billstedt, E., Björck, C., Björck, P.-O., Ehlers, S., Gustle, L.-H., Hellner, C., Höök, H., Serlachius, E., Svensson, M. A., y Larsson, J.-O. (2019). Diagnostic validity of the MINI-KID disorder classifications in specialized child and adolescent psychiatric outpatient clinics in Sweden. *BMC Psychiatry*, 19(1), 142. <https://doi.org/10.1186/s12888-019-2121-8>
- Humphreys, R. K., Puth, M.-T., Neuhäuser, M., y Ruxton, G. D. (2019). Underestimation of Pearson's product moment correlation statistic. *Oecologia*, 189(1), 1-7.
<https://doi.org/10.1007/s00442-018-4233-0>

- Jacobus, J., y Tapert, S. (2014). Effects of cannabis on the adolescent brain. *Current Pharmaceutical Design*, 20(13), 2186-2193. <https://doi.org/10.2174/13816128113199990426>
- Jager, G., Van Hell, H. H., De Win, M. M. L., Kahn, R. S., Van Den Brink, W., Van Ree, J. M., y Ramsey, N. F. (2007). Effects of frequent cannabis use on hippocampal activity during an associative memory task. *European Neuropsychopharmacology*, 17(4), 289-297. <https://doi.org/10.1016/j.euroneuro.2006.10.003>
- Karila, L., Roux, P., Rolland, B., Benyamina, A., Reynaud, M., Aubin, H.-J., y Lancon, C. (2014). Acute and long-term effects of cannabis use: A review. *Current Pharmaceutical Design*, 20(25), 4112-4118. <https://doi.org/10.2174/13816128113199990620>
- Langener, A. M., Kramer, A., Van Den Bos, W., y Huizenga, H. M. (2022). A shortened version of Raven's standard progressive matrices for children and adolescents. *British Journal of Developmental Psychology*, 40(1), 35-45. <https://doi.org/10.1111/bjdp.12381>
- Levy, R. (2024). The prefrontal cortex: From monkey to man. *Brain*, 147(3), 794-815. <https://doi.org/10.1093/brain/awad389>
- Luo, J. J., Wallace, W., y Kusiak, J. W. (2022). A tough trek in the development of an anti-amyloid therapy for Alzheimer's disease: Do we see hope in the distance? *Journal of the Neurological Sciences*, 438, 120294. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2022.120294>
- Moreno, M., Estevez, A. F., Zaldivar, F., Montes, J. M., Gutiérrez-Ferre, V. E., Esteban, L., Sánchez-Santed, F., y Flores, P. (2012). Impulsivity differences in recreational cannabis users and binge drinkers in a university population. *Drug and Alcohol Dependence*, 124(3), 355-362. <https://doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2012.02.011>
- Noj, J., y Ramirez, R. (2022). Efectos en las funciones ejecutivas por el consumo de cannabis en jóvenes. *Revista Académica Sociedad del Conocimiento Cuzac*, 2(2), 249-258. <https://doi.org/10.46780/sociedadcuzac.v2i2.52>
- Noland, J. S., Singer, L. T., Arendt, R. E., Minnes, S., Short, E. J., y Bearer, C. F. (2003). Executive functioning in preschool-aged children prenatally exposed to alcohol, cocaine, and marijuana. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 27(4), 647-656. <https://doi.org/10.1097/01.ALC.0000060525.10536.F6>
- Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (2019). Panorama mundial de la demanda y la oferta de drogas informe mundial sobre las drogas 2019. Ed. Naciones Unidas. https://wdr.unodc.org/wdr2019/field/B2_S.pdf
- Orejuela, W. R., Millares, D. A., Andrade, A. O. P., y García, J. H. V. (2019). ESTUDIO NACIONAL DE CONSUMO DE SUSTANCIAS PSICOACTIVAS COLOMBIA 2019.
- Organización Mundial de la Salud. (2020). Reporte Mundial sobre Drogas 2020 (6; 20, p. 52). Organización de las Naciones Unidas.
- Osuch, E. A., Manning, K., Hegele, R. A., Théberge, J., Neufeld, R., Mitchell, D., Williamson, P., y Gardner, R. C. (2016). Depression, marijuana use, and early-onset marijuana use conferred unique effects on neural connectivity and cognition. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 134(5), 399-409. <https://doi.org/10.1111/acps.12629>
- Paige, K. J., y Colder, C. R. (2020). Long-term effects of early adolescent marijuana use on attentional and inhibitory control. *Journal of Studies on Alcohol and Drugs*, 81(2), 164-172. <https://doi.org/10.15288/jsad.2020.81.164>

- Paul, S., y Bhattacharyya, S. (2021). Cannabis use-related working memory deficit mediated by lower left hippocampal volume. *Addiction Biology*, 26(4), e12984. <https://doi.org/10.1111/adb.12984>
- Potenza, M. N., y Morie, K. (2021). A mini-review of relationships between cannabis use and neural foundations of reward processing, inhibitory control and working memory. *Frontiers in Psychiatry*, 12, 657371. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2021.657371>
- Pozo-Hernández, E., Mariño-Tamayo, C., y Ramos-Galarza, C. (2019). Efectos neuropsicológicos por el consumo de marihuana en adultos jóvenes. *Revista Panamericana de Neuropsicología*, 13(3), 21-28. <https://doi.org/10.7714/CNPS/13.3.201>
- Renard, J., Rushlow, W. J., y Laviolette, S. R. (2018). Effects of adolescent THC exposure on the prefrontal GABAergic system: Implications for schizophrenia-related psychopathology. *Frontiers in Psychiatry*, 9, 281. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2018.00281>
- Rusby, J. C., Westling, E., Crowley, R., Mills, K. L., y Light, J. M. (2019). Associations between marijuana use and anxious mood lability during adolescence. *Addictive Behaviors*, 92, 89-94. <https://doi.org/10.1016/j.addbeh.2018.12.029>
- Shollenbarger, S. G., Price, J., Wieser, J., y Lisdahl, K. (2015). Impact of cannabis use on prefrontal and parietal cortex gyrification and surface area in adolescents and emerging adults. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 16, 46-53. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2015.07.004>
- Taurisano, P., Pergola, G., Monda, A., Antonucci, L. A., Di Carlo, P., Piarulli, F., Passiatore, R., Papalino, M., Romano, R., Monaco, A., Rampino, A., Bonvino, A., Porcelli, A., Popolizio, T., Bellotti, R., Bertolino, A., y Blasi, G. (2021). The interaction between cannabis use and a CB1-related polygenic co-expression index modulates dorsolateral prefrontal activity during working memory processing. *Brain Imaging and Behavior*, 15(1), 288-299. <https://doi.org/10.1007/s11682-020-00256-z>
- Tervo-Clemmens, B., Simmonds, D., Calabro, F. J., Day, N. L., Richardson, G. A., y Luna, B. (2018). Adolescent cannabis use and brain systems supporting adult working memory encoding, maintenance, and retrieval. *NeuroImage*, 169, 496-509. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2017.12.041>
- Torres-Berrio, A., Cuesta, S., Lopez-Guzman, S., y Nava-Mesa, M. O. (2018). Interaction Between stress and addiction: Contributions from Latin-American neuroscience. *Frontiers in Psychology*, 9, 2639. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02639>
- Vaucher, J., Keating, B. J., Lasserre, A. M., Gan, W., Lyall, D. M., Ward, J., Smith, D. J., Pell, J. P., Sattar, N., Paré, G., y Holmes, M. V. (2018). Cannabis use and risk of schizophrenia: A Mendelian randomization study. *Molecular Psychiatry*, 23(5), 1287-1292. <https://doi.org/10.1038/mp.2016.252>
- Verdejo-García, A. J., López-Torrecillas, F., Aguilar De Arcos, F., y Pérez-García, M. (2005). Differential effects of MDMA, cocaine, and cannabis use severity on distinctive components of the executive functions in polysubstance users: A multiple regression analysis. *Addictive Behaviors*, 30(1), 89-101. <https://doi.org/10.1016/j.addbeh.2004.04.015>
- Winward, J. L., Hanson, K. L., Tapert, S. F., y Brown, S. A. (2014). Heavy alcohol use, marijuana use, and concomitant use by adolescents are associated with unique and shared cognitive

decrements. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 20(8), 784-795.
<https://doi.org/10.1017/S1355617714000666>