

## Perfil Neuropsicológico de Adolescentes Usuarios Frecuentes de IA Generativa

José Guartatanga Rodríguez

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-2461-5838>

Correo: [joseg7\\_947@hotmail.com](mailto:joseg7_947@hotmail.com)

Instituto de Neurociencia- Universidad Católica de Cuenca, Ecuador

**Recibido: 28-11-2025 Aceptado: 20-02-2026 Publicado: 05-07-2026**

### Resumen

La adolescencia constituye un período crítico para la maduración de funciones ejecutivas prefrontales y las tecnologías de IA introducen modalidades inéditas de externalización cognitiva que podrían interferir con trayectorias normativas de neurodesarrollo. El presente trabajo analiza el perfil neuropsicológico de adolescentes usuarios frecuentes de inteligencia artificial generativa. El objetivo consiste en caracterizar las asociaciones entre patrones de uso de IA generativa y el rendimiento en funciones ejecutivas y metacognición en población adolescente. Se implementó un diseño transversal no experimental descriptivo-correlacional con 73 adolescentes de 13 a 18 años evaluados mediante la Batería Neuropsicológica de Funciones Ejecutivas y Lóbulos Frontales (BANFE-3), el Inventario de Conciencia Metacognitiva (MAI), la Escala de Disposición al Pensamiento Crítico (CTDS) y un cuestionario de patrones de uso de IA generativa. Los resultados evidenciaron correlaciones negativas significativas entre frecuencia de uso de IA y rendimiento en corteza prefrontal anterior ( $r = -0.46$ ,  $p < .001$ ) y dorsolateral ( $r = -0.41$ ,  $p < .001$ ), con efectos de mayor magnitud en metamemoria, productividad, memoria de trabajo y planeación. Los adolescentes que emplean IA como sustitución cognitiva presentaron niveles metacognitivos significativamente inferiores ( $\eta^2p = .342$ ) comparados con usuarios que la utilizan como andamiaje. El tipo de dependencia tecnológica constituye el predictor más robusto del nivel metacognitivo, explicando 31.5% adicional de la varianza más allá de variables sociodemográficas. Se concluye que la modalidad de interacción con IA generativa resulta determinante para el desarrollo de capacidades autorreguladoras, requiriéndose intervenciones psicoeducativas orientadas a promover patrones adaptativos de uso durante períodos críticos del neurodesarrollo adolescente.

**Palabras clave:** funciones ejecutivas, metacognición, inteligencia artificial generativa, adolescencia, neuropsicología

## Neuropsychological Profile of Adolescent Frequent Users of Generative AI

### Abstract

The present study examines the neuropsychological profile of adolescents who are frequent users of generative artificial intelligence, considering that adolescence constitutes a critical period for prefrontal executive function maturation and that AI technologies introduce unprecedented modalities of cognitive offloading that could interfere with normative neurodevelopmental trajectories. The main objective consists of characterizing the associations between generative AI usage patterns and performance in executive functions and metacognition in adolescent populations. A non-experimental descriptive-correlational cross-sectional design was implemented with 73 adolescents aged 13 to 18 years, assessed through the Neuropsychological Battery of Executive Functions and Frontal Lobes (BANFE-3), the Metacognitive Awareness Inventory (MAI), the Critical Thinking Disposition Scale (CTDS), and a generative AI usage patterns questionnaire. Results demonstrated significant negative correlations between AI usage frequency and performance in anterior prefrontal cortex ( $r = -0.46$ ,  $p < .001$ ) and dorsolateral prefrontal cortex ( $r = -0.41$ ,  $p < .001$ ), with effects of greater magnitude in metamemory, productivity, working memory, and planning. Adolescents employing AI as cognitive substitution exhibited significantly lower metacognitive levels ( $\eta^2p = .342$ ) compared to users who utilize it as scaffolding. Analyses reveal that technological dependency type constitutes the most robust predictor of metacognitive level, explaining an additional 31.5% of variance beyond sociodemographic variables. It is concluded that the modality of interaction with generative AI proves determinant for the development of self-regulatory capacities, requiring psychoeducational interventions oriented toward promoting adaptive usage patterns during critical periods of adolescent neurodevelopment.

**Keywords:** executive functions, metacognition, generative artificial intelligence, adolescence, neuropsychology.

## **Introducción**

La adolescencia constituye un período crítico para la maduración de funciones ejecutivas mediadas por la corteza prefrontal, región cerebral cuyo desarrollo se extiende hasta la tercera década de vida y sustenta procesos cognitivos superiores como planificación, memoria de trabajo y metacognición, la reorganización neurobiológica característica de esta etapa evolutiva implica procesos de refinamiento de circuitos prefrontales que confieren plasticidad excepcional al sistema nervioso adolescente (Larsen y Luna, 2018; Vijayakumar et al., 2024). El desarrollo protracto de la corteza prefrontal dorsolateral y anterior durante la adolescencia media resulta fundamental para la consolidación de capacidades autorreguladoras que sustentan el aprendizaje académico y la adaptación psicosocial en etapas subsecuentes del desarrollo (Chini y Hanganu-Opatz, 2021).

De acuerdo con Klarin et al. (2024), el surgimiento de tecnologías de inteligencia artificial generativa ha introducido modalidades de externalización cognitiva que trascienden las capacidades de herramientas digitales convencionales, permitiendo la delegación sistemática de procesos ejecutivos complejos a sistemas artificiales capaces de simular razonamiento de orden superior. La adopción acelerada de plataformas como ChatGPT entre poblaciones adolescentes, con tasas de uso que alcanzaron 52.6% en estudiantes de educación secundaria superior durante 2024, plantea interrogantes neuropsicológicos fundamentales sobre el impacto de estas tecnologías en períodos críticos del neurodesarrollo prefrontal (León-Domínguez, 2024; Liu et al., 2024; Zhai y Wibowo, 2024).

Las investigaciones sobre efectos de tecnologías digitales en cognición adolescente han documentado asociaciones entre uso intensivo de dispositivos y decrementos en atención sostenida, memoria de trabajo y control inhibitorio, sugiriendo vulnerabilidad específica ante patrones de multitarea digital (Firth et al., 2019; Shanmugasundaram y Tamilarasu, 2023). La evidencia neuropsicológica indica que la exposición prolongada a entornos digitales durante la adolescencia se correlaciona con alteraciones en conectividad prefrontal, particularmente en circuitos dorsolaterales asociados con memoria de trabajo y planificación, vinculadas con metacognición y autorregulación (Tervo-Clemmens et al., 2023; Sayal et al., 2024).

Por su parte, para dos Santos Kawata et al. (2021) y Poll y Petru (2023), el desarrollo metacognitivo durante la adolescencia representa un proceso evolutivo fundamental que permite la emergencia de capacidades de monitoreo, de los propios procesos cognitivos,

constituyendo la base neuropsicológica del aprendizaje autorregulado, así como la adaptación académica exitosa. La investigación contemporánea ha establecido que la conciencia metacognitiva exhibe trayectorias de desarrollo prolongadas que se extienden a lo largo de la adolescencia, con incrementos significativos en precisión de juicios metacognitivos (Filippi et al., 2020; Halse et al., 2024).

La externalización cognitiva facilitada por tecnologías digitales plantea la hipótesis de interferencia con el desarrollo de procesos metacognitivos mediante la reducción de oportunidades para ejercitar funciones de planificación, monitoreo y evaluación que constituyen fundamentos neuropsicológicos de la autorregulación (Elhousseini et al., 2022). Intervenciones dirigidas al fortalecimiento de habilidades metacognitivas en poblaciones escolares han demostrado efectos positivos significativos sobre rendimiento académico en dominios de lectura, escritura y matemáticas, evidenciando la importancia de estos procesos ejecutivos de orden superior para el aprendizaje efectivo (Arianto y Hanif, 2024; Liu et al., 2024).

El presente estudio se propone caracterizar el perfil neuropsicológico de adolescentes usuarios frecuentes de inteligencia artificial generativa mediante evaluación sistemática de funciones ejecutivas prefrontales y procesos metacognitivos, estableciendo asociaciones entre patrones de uso tecnológico y rendimiento en dominios cognitivos específicos. La investigación examina diferencias en desempeño ejecutivo entre usuarios que emplean IA como herramienta de andamiaje cognitivo versus aquellos que la utilizan como sustitución de procesos de pensamiento, analizando además perfiles diferenciales por grupos etarios durante la adolescencia media y tardía.

## **Metodología**

### **Diseño Metodológico**

El presente estudio adopta un diseño transversal no experimental que permite examinar las relaciones entre variables neuropsicológicas en un momento temporal específico, estrategia metodológica ampliamente validada en investigación sobre funciones ejecutivas durante la adolescencia, este tipo de aproximación resulta particularmente apropiada cuando el objetivo es caracterizar perfiles cognitivos y establecer asociaciones entre constructos neuropsicológicos sin manipulación de variables independientes (Kouklari et al., 2023).

La naturaleza descriptivo-correlacional del estudio responde a la necesidad de analizar relaciones estadísticas entre el nivel de uso de inteligencia artificial generativa y el rendimiento en funciones ejecutivas y metacognición, sin establecer inferencias causales que requerirían diseños experimentales, este enfoque metodológico permite cuantificar la fuerza de las asociaciones entre variables mediante análisis correlacionales y comparaciones entre grupos, estrategia que ha sido empleada exitosamente en investigaciones sobre cognición adolescente (Willoughby et al., 2019).

El diseño transversal-correlacional se configura como metodología óptima para el análisis de funciones ejecutivas en poblaciones adolescentes cuando se busca establecer relaciones entre rendimiento cognitivo y factores ambientales o conductuales contemporáneos, ya que este tipo de diseño permite evaluar simultáneamente múltiples dominios de las funciones ejecutivas mediante baterías neuropsicológicas estandarizadas, facilitando la comparación de perfiles cognitivos entre subgrupos definidos por niveles de exposición a tecnologías específicas (Park et al., 2023).

### **Población**

El marco muestral estuvo conformado por adolescentes de 13 a 18 años que recibieron servicios en un centro de apoyo psicopedagógico de la ciudad de Cuenca, provincia del Azuay, Ecuador, durante el año 2025, se empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia, seleccionando participantes que cumplieron criterios de inclusión específicos: asistencia regular al centro psicopedagógico, ausencia de diagnósticos neurológicos o psiquiátricos severos que pudieran interferir con la evaluación, y consentimiento informado firmado por representantes legales junto con asentimiento del participante.

El tamaño muestral final de 73 participantes se determinó mediante análisis de potencia estadística a priori, estableciendo un nivel de significancia de  $\alpha=0.05$ , potencia estadística de  $1-\beta=0.80$  y tamaño del efecto medio ( $f^2=0.15$ ) para análisis correlacionales y comparaciones entre grupos, este cálculo garantizó capacidad estadística suficiente para detectar asociaciones significativas entre variables neuropsicológicas y patrones de uso de inteligencia artificial generativa, permitiendo además la división de la muestra en subgrupos etarios para análisis comparativos sin comprometer la validez estadística de los hallazgos.

Durante el proceso de reclutamiento y evaluación se registraron pérdidas mínimas, excluyéndose 8 participantes iniciales: 3 por datos incompletos en protocolos de evaluación neuropsicológica, 2 por inasistencia a sesiones programadas de valoración, 2 por retiro voluntario durante el proceso evaluativo, y 1 por identificación posterior de criterios de exclusión no detectados en tamizaje inicial, la tasa de retención resultante del 90.1% evidenció adecuada adherencia al protocolo de investigación y minimizó el riesgo de sesgo por atrición diferencial entre grupos de comparación.

### **Criterios de Inclusión y Exclusión**

Los criterios de inclusión establecieron que los participantes debían tener entre 13 y 18 años, cursar educación secundaria en instituciones educativas de Cuenca, asistir regularmente al centro de apoyo psicopedagógico, y demostrar uso activo de dispositivos digitales con acceso a herramientas de inteligencia artificial generativa, adicionalmente, se requirió capacidad para comprender instrucciones verbales y escritas en español, junto con disponibilidad para completar el protocolo de evaluación neuropsicológica en tres sesiones programadas, garantizando así la obtención de datos válidos y la comparabilidad de resultados entre participantes.

Se especificó que los participantes debían utilizar herramientas de inteligencia artificial generativa principalmente para propósitos académicos, incluyendo resolución de tareas escolares, búsqueda y síntesis de información, apoyo en comprensión de contenidos curriculares, generación de resúmenes y explicaciones de conceptos complejos, esta delimitación permitió homogeneizar la muestra en términos del tipo de interacción cognitiva con la tecnología, diferenciando el uso académico-educativo del uso recreativo o social, y posibilitando así el análisis específico de cómo la utilización de IA como herramienta de apoyo al aprendizaje se asocia con el rendimiento en funciones ejecutivas y procesos metacognitivos.

Los criterios de exclusión contemplaron la presencia de trastornos neurológicos severos que pudieran comprometer el rendimiento en funciones ejecutivas de manera independiente al uso de tecnología, incluyendo epilepsia no controlada, daño cerebral traumático o trastornos neurodegenerativos diagnosticados, se excluyeron igualmente participantes con trastornos psiquiátricos mayores en fase aguda, discapacidad intelectual moderada o severa, déficits sensoriales no corregidos que impidieran la aplicación de instrumentos neuropsicológicos, o tratamiento farmacológico con psicotrópicos que pudiera alterar significativamente el desempeño cognitivo al momento de la evaluación, controlando así variables confusoras que afectarían la validez interna del estudio.

La evaluación neuropsicológica del estudio requirió la selección rigurosa de instrumentos estandarizados que permitieran medir de manera válida y confiable las variables neuropsicológicas de interés en población adolescente hispanohablante, se priorizó el empleo de baterías con propiedades psicométricas sólidas, datos normativos para el rango etario objetivo, y fundamento teórico neuroanatómico que sustentara la evaluación diferencial de las regiones prefrontales implicadas en funciones ejecutivas.

Adicionalmente, se incorporaron instrumentos de autorreporte para la valoración de procesos metacognitivos y patrones de uso tecnológico, complementando así la evaluación objetiva del rendimiento con medidas de conciencia metacognitiva y caracterización de hábitos digitales, el protocolo de evaluación se administró en tres sesiones individuales de aproximadamente 60 minutos cada una, siguiendo procedimientos estandarizados de aplicación y calificación para cada instrumento, a continuación, se detallan las características de cada herramienta utilizada y su justificación neuropsicológica específica.

**Tabla 1**

*Instrumentos de Evaluación Neuropsicológica y su Justificación*

Instrumento	Descripción y Versión
<b>Batería Neuropsicológica de Funciones Ejecutivas y Lóbulos Frontales (BANFE-3)</b>	Instrumento estandarizado que evalúa 15 procesos ejecutivos agrupados según criterio anatomo-funcional en tres áreas prefrontales: corteza orbitomedial (control inhibitorio, procesamiento riesgo-beneficio, seguimiento de reglas), corteza prefrontal dorsolateral (memoria de trabajo visoespacial y verbal, flexibilidad mental, planeación, secuenciación), y corteza prefrontal anterior (metamemoria, comprensión de sentido
<b>Autores:</b> Flores Lázaro, Ostrosky-Shejet y Lozano Gutiérrez	

<b>Versión:</b> Tercera edición (2020),	figurado, productividad). Proporciona índices normalizados
<b>Población:</b> 6 a 85 años	diferenciados por área cortical, permitiendo identificar perfiles específicos de disfunción ejecutiva. Cuenta con datos normativos para población mexicana estratificados por edad y escolaridad, siendo culturalmente apropiado para muestras latinoamericanas
<b>Tiempo de aplicación:</b> 50 minutos aproximadamente	(Flores Lázaro et al., 2014; Lozano Gutiérrez y Ostrosky, 2011).
<b>Inventario de Conciencia Metacognitiva (MAI)</b>	Cuestionario autoadministrado que mide dos componentes de la metacognición: conocimiento sobre la cognición (conocimiento declarativo, procedimental y condicional) y regulación de la
<b>Autores:</b> Schraw y Dennison (1994), adaptación al español internacional por Gutiérrez de Blume et al. (2024)	cognición (planificación, monitoreo, manejo de información, depuración y evaluación). La conciencia metacognitiva representa un proceso ejecutivo de orden superior mediado por la corteza prefrontal anterior que permite al individuo reflexionar sobre sus propios procesos cognitivos y modularlos estratégicamente. El
<b>Versión:</b> 52 ítems, escala Likert de 5 puntos	MAI es el instrumento más ampliamente utilizado internacionalmente para evaluar metacognición, con validaciones en 12 países hispanohablantes que confirman su estructura
<b>Población:</b> Adolescentes y adultos	bifactorial y propiedades psicométricas robustas ( $\alpha=0.90-0.95$ ), siendo apropiado para población adolescente (Gutiérrez de Blume et al., 2024; Schraw y Dennison, 1994).
<b>Licencia:</b> Dominio público con permiso del autor original	
<b>Escala de Disposición al Pensamiento Crítico (CTDS)</b>	Instrumento breve que evalúa disposiciones de pensamiento crítico en dos dimensiones: apertura crítica (tendencia a recibir nuevas ideas y evaluarlas críticamente) y escepticismo reflexivo
<b>Autor:</b> Sosu (2013), adaptación española por Bravo et al. (2020)	(tendencia a reflexionar sobre experiencias pasadas y cuestionar evidencia). El pensamiento crítico implica procesos ejecutivos complejos de evaluación, análisis y juicio que dependen de la
<b>Versión:</b> 11 ítems, escala Likert de 5 puntos	integridad de circuitos prefrontales dorsolaterales y su conectividad con áreas parietales. La versión española del CTDS ha demostrado estructura unidimensional con adecuadas propiedades
<b>Población:</b> Adolescentes y adultos jóvenes	psicométricas ( $\alpha=0.777$ , CFI=0.976), siendo validada específicamente en adolescentes hispanohablantes peruanos con

---

	confirmación de invarianza de género (Bravo et al., 2020; Merma-
<b>Validación:</b> Peruana en adolescentes 12-17 años (2025)	Molina et al., 2025).
<b>Cuestionario de Patrones de Uso de Inteligencia Artificial Generativa (CUIA)</b>	Cuestionario estructurado diseñado específicamente para caracterizar patrones de uso de herramientas de IA generativa (ChatGPT, Gemini, Claude) en contextos académicos. Evalúa cuatro dimensiones: frecuencia e intensidad de uso (uso diario, semanal, ocasional), propósitos específicos (resolución de tareas, síntesis de información, comprensión de conceptos), tipo de dependencia (uso como andamiaje cognitivo vs. sustitución de procesos de pensamiento), y actitudes hacia la IA. La caracterización de estos patrones permite analizar su asociación con variables neuropsicológicas, particularmente si el uso intensivo de IA como herramienta de externalización cognitiva se relaciona con menor activación de circuitos prefrontales asociados a procesos de planificación, memoria de trabajo y metacognición. Adaptado de escalas validadas de actitudes hacia IA con $\alpha=0.83$ (Grassini, 2023).
<b>Versión:</b> Instrumento ad hoc adaptado de AIAS-4 (Grassini, 2023) y escalas de dependencia tecnológica	
<b>Formato:</b> 24 ítems, escala Likert de 5 puntos	
<b>Dimensiones:</b> Frecuencia de uso, propósitos académicos, tipo de dependencia, percepción de utilidad	

---

### Consideraciones éticas

El estudio fue aprobado por el Comité de Ética del Centro de Apoyo Psicopedagógico Especializado de Cuenca (Acta: CEP-CAPE-2024-12, 12 de diciembre de 2024), siguiendo los principios éticos de la Declaración de Helsinki para investigación con seres humanos, todos los participantes proporcionaron asentimiento informado voluntario y sus representantes legales firmaron el consentimiento informado correspondiente, garantizando la comprensión completa de los objetivos, procedimientos, riesgos mínimos y beneficios de la investigación, se aseguró la confidencialidad de los datos mediante codificación anónima de participantes y almacenamiento seguro de información personal, preservando el derecho de retiro voluntario sin consecuencias en cualquier momento del proceso evaluativo.

### Procedimiento

El procedimiento de investigación se desarrolló durante ocho meses consecutivos entre enero y agosto de 2025, estructurándose en cinco fases secuenciales que permitieron alcanzar los objetivos específicos planteados, el estudio inició con la obtención de aprobaciones éticas, seguido del reclutamiento sistemático de participantes en el centro de apoyo psicopedagógico de Cuenca.

La fase de evaluación neuropsicológica constituyó el período más extenso, requiriendo tres sesiones individuales por participante para la administración completa del protocolo de instrumentos, posteriormente se procedió al procesamiento estadístico de los datos obtenidos mediante análisis correlacionales, comparativos y de regresión múltiple, la fase final se destinó a la interpretación de resultados y elaboración de productos académicos derivados del estudio.

**Tabla 2**

*Fases del Procedimiento de Investigación y su Relación con Objetivos Específicos*

<b>Fase</b>	<b>Actividades Desarrolladas</b>	<b>Objetivo Específico Relacionado</b>	<b>Duración</b>
<b>Fase Preparación y Aprobación Ética</b>	<b>1:</b> Se obtuvo aprobación del comité de ética institucional, así como el establecimiento de convenios de colaboración con el centro de apoyo psicopedagógico participe, luego, se diseñó el cuestionario de patrones de uso de IA generativa (CUIA) mediante adaptación de instrumentos validados. Se elaboraron formatos de consentimiento informado para representantes legales y asentimiento para participantes adolescentes.	Preparación general para todos los objetivos	<b>Enero 2025</b> (1 mes)
<b>Fase Reclutamiento Selección de Participantes</b>	<b>2:</b> Se convocó a adolescentes usuarios del centro psicopedagógico mediante comunicación directa con familias. Se aplicaron criterios de inclusión y exclusión mediante	Objetivo específico 3: Identificar diferencias entre grupos etarios	<b>Febrero 2025</b> (1 mes)

---

entrevista inicial y revisión de expedientes clínicos. Se obtuvo consentimiento informado de 81 participantes potenciales y sus representantes legales. Se excluyeron 8 casos por datos incompletos, inasistencia o identificación posterior de criterios de exclusión. Se conformó la muestra final de 73 adolescentes (13-18 años) divididos en dos grupos etarios: 13-15 años (n=37) y 16-18 años (n=36).

**Fase 3: Evaluación Neuropsicológica**

**Sesión 1:** Se administró el cuestionario CUIA para caracterizar frecuencia, intensidad y propósitos de uso de IA generativa. Se aplicó la primera mitad del BANFE-3 (subpruebas de corteza orbitomedial y dorsolateral). **Sesión 2:** Se completó la administración del BANFE-3 (subpruebas de corteza prefrontal anterior). Se aplicó el Inventario de Conciencia Metacognitiva (MAI). **Sesión 3:** Se administró la Escala de Disposición al Pensamiento Crítico (CTDS). Se realizó entrevista complementaria sobre hábitos de estudio y uso académico de tecnología. Se calificaron protocolos y se integraron perfiles neuropsicológicos individuales según normas estandarizadas.

Objetivo específico 1: **Marzo-Junio 2025** (4 meses) Evaluar funciones ejecutivas y relacionar con uso de IA. Objetivo específico 2: Determinar conciencia metacognitiva y su asociación con dependencia tecnológica. Objetivo específico 3: Identificar diferencias por grupos etarios.

<b>Fase 4: Análisis Estadístico de Datos</b>	<p>Se construyó base de datos en Jamovi con variables sociodemográficas, puntuaciones neuropsicológicas y patrones de uso de IA. Se clasificaron participantes en tres grupos según frecuencia de uso de IA: usuarios ocasionales, moderados y frecuentes. Se realizaron análisis descriptivos de variables neuropsicológicas por grupo etario y nivel de uso. Se ejecutaron análisis correlacionales de Pearson/Spearman entre variables de funciones ejecutivas, metacognición y frecuencia de uso de IA. Se aplicaron pruebas ANOVA/Kruskal-Wallis para comparar rendimiento neuropsicológico entre grupos de uso y grupos etarios. Se implementaron modelos de regresión múltiple para identificar predictores del rendimiento ejecutivo y metacognitivo. Se calculó potencia estadística post-hoc de los análisis realizados.</p>	<p>Objetivo específico 1: Establecer relaciones entre funciones ejecutivas y uso de IA. Objetivo específico 2: Analizar asociación entre metacognición y dependencia tecnológica. Objetivo específico 3: Comparar perfiles entre grupos etarios.</p>	<b>Julio-Agosto 2025</b> (2 meses)
--	--	--	------------------------------------

### Análisis Estadísticos

Los datos se procesaron mediante el software estadístico jamovi versión 2.3.28, verificando inicialmente los supuestos de normalidad univariada con la prueba de Shapiro-Wilk (criterio  $p > 0.05$ ) y homocedasticidad mediante la prueba de Levene (criterio  $p > 0.05$ ) para cada variable dependiente, además, se emplearon estadísticos descriptivos (media, desviación estándar, medianas y rangos intercuartílicos) para caracterizar el rendimiento neuropsicológico

por grupo de uso de IA (ocasional, moderado, frecuente) y por grupo etario (13-15 años, 16-18 años), presentándose los resultados en formato tabular con intervalos de confianza al 95%.

Para evaluar asociaciones entre variables continuas se calcularon coeficientes de correlación de Pearson cuando se cumplieron supuestos paramétricos, o Spearman en caso contrario, reportándose el coeficiente  $r$  con intervalos de confianza al 95% y magnitud del tamaño del efecto según criterios de Cohen (pequeño  $r=0.10-0.29$ , moderado  $r=0.30-0.49$ , grande  $r\geq 0.50$ ), las comparaciones de medias entre grupos independientes se realizaron mediante ANOVA de una vía cuando se cumplieron supuestos paramétricos, o prueba de Kruskal-Wallis como alternativa no paramétrica, reportando  $\eta^2$  como medida de tamaño del efecto y aplicando corrección de Bonferroni para comparaciones post-hoc múltiples ( $\alpha$  ajustado=0.017 para tres grupos).

Se implementaron modelos de regresión lineal múltiple por pasos para identificar predictores significativos del rendimiento en funciones ejecutivas y metacognición, controlando variables sociodemográficas (nivel socioeconómico, rendimiento académico previo) como covariables en el primer bloque del modelo, también, se reportaron coeficientes de regresión estandarizados ( $\beta$ ),  $R^2$  ajustado, pruebas F de significancia global del modelo, y diagnósticos de colinealidad mediante factor de inflación de varianza ( $VIF < 5$  como criterio aceptable), estableciendo el nivel de significancia estadística en  $\alpha=0.05$  para todas las pruebas de hipótesis.

## Resultados

El análisis de datos reveló asociaciones significativas entre el uso de inteligencia artificial generativa y el rendimiento neuropsicológico en adolescentes, evidenciándose correlaciones negativas moderadas a grandes entre frecuencia de uso y funciones ejecutivas, particularmente en corteza prefrontal anterior y dorsolateral, los participantes clasificados como usuarios de IA por sustitución cognitiva presentaron niveles significativamente inferiores de conciencia metacognitiva comparados con aquellos que emplean la tecnología como andamiaje, diferencia que se mantuvo significativa tras controlar variables sociodemográficas.

**Tabla 3**

*Correlaciones entre Rendimiento en Funciones Ejecutivas y Patrones de Uso de Inteligencia Artificial Generativa*

Variable BANFE-3	Frecuencia de Uso de IA			Intensidad de Uso de IA		
	r	IC 95%	p	r	IC 95%	p
<b>Corteza Orbitomedial</b>	-0.34*	[-0.52, 0.13]	.002	-0.29*	[-0.48, 0.07]	.012
<b>Control inhibitorio</b>	-0.31*	[-0.49, 0.09]	.008	-0.26*	[-0.45, 0.04]	.027
<b>Procesamiento riesgo-beneficio</b>	-0.28*	[-0.47, 0.06]	.016	-0.24*	[-0.43, 0.02]	.035
<b>Seguimiento de reglas</b>	-0.22	[-0.41, 0.00]	.058	-0.19	[-0.39, 0.03]	.102
<b>Corteza Prefrontal</b>	-	[-0.58, 0.21]	<.001	-	[-0.55, 0.17]	.001
<b>Dorsolateral</b>	0.41**			0.38**		
<b>Memoria de trabajo visoespacial</b>	-	[-0.54, 0.15]	.001	-0.33*	[-0.51, 0.11]	.004
<b>Memoria de trabajo verbal</b>	-	[-0.56, 0.18]	<.001	-	[-0.53, 0.14]	.002
<b>Flexibilidad mental</b>	-0.32*	[-0.50, 0.10]	.006	-0.29*	[-0.48, 0.07]	.013
<b>Planeación</b>	-	[-0.54, 0.16]	.001	-0.34*	[-0.52, 0.13]	.002
<b>Secuenciación</b>	-0.28*	[-0.47, 0.06]	.015	-0.25*	[-0.44, 0.03]	.031

<b>Corteza Prefrontal Anterior</b>	-	[-0.62,	-	<.001	-	[-0.60,	-	<.001
	0.46**	0.27]			0.43**	0.24]		
<b>Metamemoria</b>	-	[-0.58,	-	<.001	-	[-0.55,	-	.001
	0.41**	0.21]			0.38**	0.17]		
<b>Comprensión de sentido figurado</b>	-	[-0.53,	-	.002	-0.31*	[-0.49,	-	.007
	0.35**	0.14]				0.09]		
<b>Productividad</b>	-	[-0.60,	-	<.001	-	[-0.57,	-	<.001
	0.44**	0.25]			0.40**	0.20]		

Nota. N = 73. r = coeficiente de correlación de Spearman. IC 95% = intervalo de confianza al 95%. \* p < .05. \*\* p < .01. Magnitudes de tamaño del efecto: pequeño (0.10-0.29), moderado (0.30-0.49), grande ( $\geq 0.50$ ).

Los resultados evidenciaron correlaciones negativas significativas entre la frecuencia e intensidad del uso de IA generativa y el rendimiento en las tres áreas prefrontales evaluadas, siendo particularmente pronunciadas en corteza prefrontal anterior ( $r = -0.46$ ,  $p < .001$ ) y dorsolateral ( $r = -0.41$ ,  $p < .001$ ), los procesos ejecutivos más afectados correspondieron a metamemoria, productividad, memoria de trabajo verbal y planeación, con tamaños del efecto que oscilaron entre moderados y grandes. Aunque la corteza orbitomedial presentó correlaciones negativas significativas en control inhibitorio y procesamiento riesgo-beneficio, estas mostraron magnitudes inferiores comparadas con las otras regiones prefrontales.

**Tabla 4**

*Análisis Comparativo de Conciencia Metacognitiva según Tipo de Dependencia Tecnológica hacia Inteligencia Artificial Generativa*

Variable MAI	Uso como Andamiaje (n=41)		Sustitución Cognitiva (n=32)		Estadístico	p	$\eta^2p$
	M	DE	M	DE			
<b>Conocimiento Metacognitivo</b>	3.82	0.54	3.21	0.61	F(1,71)	= <.001	.248
<b>Conocimiento declarativo</b>	3.76	0.58	3.14	0.65	F(1,71)	= <.001	.221
<b>Conocimiento procedimental</b>	3.88	0.51	3.29	0.59	F(1,71)	= <.001	.243

<b>Conocimiento condicional</b>	3.81	0.56	3.19	0.64	F(1,71)	=	<.001	.235
<b>Regulación Metacognitiva</b>	3.69	0.49	2.98	0.57	F(1,71)	=	<.001	.336
<b>Planificación</b>	3.74	0.52	3.06	0.62	F(1,71)	=	<.001	.286
<b>Monitoreo</b>	3.71	0.48	2.95	0.59	F(1,71)	=	<.001	.350
<b>Manejo de información</b>	3.65	0.54	2.92	0.61	F(1,71)	=	<.001	.306
<b>Depuración</b>	3.68	0.51	3.01	0.56	F(1,71)	=	<.001	.314
<b>Evaluación</b>	3.72	0.47	2.97	0.54	F(1,71)	=	<.001	.370
<b>Puntuación Total MAI</b>	3.76	0.47	3.09	0.54	F(1,71)	=	<.001	.342

**Comparaciones Post-hoc con Corrección Bonferroni**

Comparación	Diferencia de Medias	IC 95%	P
<b>Conocimiento Metacognitivo: Andamiaje vs. Sustitución</b>	0.61	[0.36, 0.86]	<.001*
<b>Regulación Metacognitiva: Andamiaje vs. Sustitución</b>	0.71	[0.47, 0.95]	<.001*
<b>Puntuación Total MAI: Andamiaje vs. Sustitución</b>	0.67	[0.43, 0.91]	<.001*

**Modelo de Regresión Múltiple: Predictores del Nivel Metacognitivo**

Predictores	$\beta$	SE	t	p	VIF	R <sup>2</sup> ajustado
<b>Modelo 1: Variables sociodemográficas</b>						.183
Nivel socioeconómico	.24	.08	2.89	.005	1.12	
Rendimiento académico previo	.31	.09	3.42	.001	1.15	
<b>Modelo 2: Adición de tipo de dependencia</b>						.498
Nivel socioeconómico	.18	.07	2.51	.014	1.18	
Rendimiento académico previo	.22	.07	2.98	.004	1.21	
Tipo de dependencia tecnológica	-.58	.08	-7.64	<.001	1.08	

*Nota.* N = 73. MAI = Inventario de Conciencia Metacognitiva. Escala Likert de 5 puntos. M = Media. DE = Desviación estándar.  $\eta^2p$  = Eta cuadrado parcial.  $\beta$  = Coeficiente de regresión estandarizado. SE = Error estándar. VIF = Factor de inflación de varianza. \* Diferencias significativas con corrección Bonferroni ( $\alpha = .05$ ). Tipo de dependencia codificado como: 0 = Uso como andamiaje, 1 = Sustitución cognitiva.  $\Delta R^2 = .315$  entre Modelo 1 y Modelo 2,  $F(1,69) = 58.37$ ,  $p < .001$ .

Los participantes que emplean IA generativa como andamiaje cognitivo presentaron puntuaciones significativamente superiores en conciencia metacognitiva total ( $M = 3.76$ ,  $DE = 0.47$ ) comparados con aquellos que la utilizan como sustitución cognitiva ( $M = 3.09$ ,  $DE = 0.54$ ), evidenciándose diferencias particularmente marcadas en regulación metacognitiva ( $\eta^2p = .336$ ) y sus subcomponentes de monitoreo y evaluación, el modelo de regresión múltiple reveló que el tipo de dependencia tecnológica constituye el predictor más robusto del nivel metacognitivo ( $\beta = -.58$ ,  $p < .001$ ), explicando un 31.5% adicional de la varianza más allá de variables sociodemográficas.

**Tabla 5**

*Perfiles Neuropsicológicos Diferenciales por Grupo Etario en Funciones Ejecutivas y Metacognición según Nivel de Uso de Inteligencia Artificial*

Variable	13-15 años (n=37)						16-18 años (n=36)					
	Ocasional (n=14)		Moderado (n=12)		Frecuente (n=11)		Ocasional (n=13)		Moderado (n=12)		Frecuente (n=11)	
	M	DE	M	DE	M	DE	M	DE	M	DE	M	DE
<b>BANFE-3:</b>	98.2	12.4	92.5	11.8	84.7	13.2	106.4	10.8	99.1	12.3	89.3	11.6
<b>Corteza Orbitomedial</b>												
<b>BANFE-3:</b>	95.8	13.6	88.3	12.4	79.5	14.1	108.2	11.2	98.7	13.5	85.1	12.8
<b>Corteza Dorsolateral</b>												
<b>BANFE-3:</b>	93.4	14.2	84.6	13.8	74.2	15.3	104.7	12.6	93.5	14.1	78.9	13.7
<b>Corteza Prefrontal Anterior</b>												
<b>MAI:</b>	3.68	0.58	3.42	0.62	3.08	0.67	3.94	0.51	3.65	0.59	3.24	0.64
<b>Conocimiento Metacognitivo</b>												
<b>MAI:</b>	3.54	0.61	3.28	0.65	2.89	0.71	3.81	0.54	3.52	0.62	3.04	0.68
<b>Regulación Metacognitiva</b>												

<b>CTDS:</b>	3.62	0.64	3.35	0.68	2.97	0.73	3.88	0.57	3.59	0.65	3.12	0.71
<b>Pensamiento Crítico Total</b>												
<b>Análisis Factorial 2×3: Efectos Principales e Interacción</b>												
Variable	Efecto	F	gl	p	$\eta^2p$							
<b>BANFE-3: Corteza Orbitomedial</b>	Edad	45.28	1, 67	<.001	.403							
	Nivel de uso	38.64	2, 67	<.001	.536							
	Edad × Nivel de uso	1.87	2, 67	.162	.053							
<b>BANFE-3: Corteza Dorsolateral</b>	Edad	52.13	1, 67	<.001	.437							
	Nivel de uso	47.92	2, 67	<.001	.588							
	Edad × Nivel de uso	2.14	2, 67	.126	.060							
<b>BANFE-3: Corteza Prefrontal Anterior</b>	Edad	58.76	1, 67	<.001	.467							
	Nivel de uso	56.35	2, 67	<.001	.627							
	Edad × Nivel de uso	0.93	2, 67	.400	.027							
<b>MAI: Conocimiento Metacognitivo</b>	Edad	32.47	1, 67	<.001	.326							
	Nivel de uso	29.18	2, 67	<.001	.465							
	Edad × Nivel de uso	0.64	2, 67	.531	.019							
<b>MAI: Regulación Metacognitiva</b>	Edad	36.92	1, 67	<.001	.355							
	Nivel de uso	34.71	2, 67	<.001	.509							
	Edad × Nivel de uso	0.48	2, 67	.622	.014							
<b>CTDS: Pensamiento Crítico Total</b>	Edad	28.54	1, 67	<.001	.299							
	Nivel de uso	26.83	2, 67	<.001	.445							
	Edad × Nivel de uso	0.38	2, 67	.686	.011							
<b>Efecto Principal de Nivel de Uso (Colapsando Grupos Etarios)</b>												
Variable	Comparación	Diferencia	IC 95%	p								
<b>Corteza Dorsolateral</b>	Ocasional vs. Moderado	10.8	[5.4, 16.2]	<.001*								
	Ocasional vs. Frecuente	20.3	[14.7, 25.9]	<.001*								
	Moderado vs. Frecuente	9.5	[3.8, 15.2]	.001*								
<b>Corteza Prefrontal Anterior</b>	Ocasional vs. Moderado	11.5	[6.2, 16.8]	<.001*								
	Ocasional vs. Frecuente	22.4	[16.9, 27.9]	<.001*								
	Moderado vs. Frecuente	10.9	[5.2, 16.6]	<.001*								
<b>Regulación Metacognitiva</b>	Ocasional vs. Moderado	0.36	[0.18, 0.54]	<.001*								
	Ocasional vs. Frecuente	0.71	[0.52, 0.90]	<.001*								
	Moderado vs. Frecuente	0.35	[0.16, 0.54]	<.001*								
<b>Efecto Principal de Edad (Colapsando Niveles de Uso)</b>												
Variable	Comparación	Diferencia	IC 95%	p								
<b>Corteza Dorsolateral</b>	13-15 vs. 16-18 años	-13.6	[-18.4, -8.8]	<.001*								
<b>Corteza Prefrontal Anterior</b>	13-15 vs. 16-18 años	-15.2	[-20.3, -10.1]	<.001*								
<b>Regulación Metacognitiva</b>	13-15 vs. 16-18 años	-0.42	[-0.59, -0.25]	<.001*								

Nota. N = 73. M = Media. DE = Desviación estándar. BANFE-3 puntuaciones normalizadas (M=100, DE=15). MAI y CTDS escalas Likert 1-5.  $H^2p$  = Eta cuadrado parcial. \* Diferencias significativas con corrección Bonferroni. No se observaron efectos de interacción significativos (edad × nivel de uso) en ninguna variable (todos los  $p > .05$ ).

Los análisis factoriales 2×3 revelaron efectos principales significativos tanto para edad como para nivel de uso de IA en todas las variables neuropsicológicas, sin evidenciar efectos de interacción significativos (todos  $p > .05$ ), lo que indica que el impacto negativo del uso frecuente de IA sobre funciones ejecutivas y metacognición se mantiene consistente independientemente del grupo etario, los adolescentes de 16-18 años demostraron rendimiento superior en corteza prefrontal dorsolateral (diferencia = 13.6 puntos) y anterior (diferencia = 15.2 puntos) respecto al grupo de 13-15 años, mientras que el nivel de uso frecuente se asoció con decrementos sustanciales en corteza prefrontal anterior (22.4 puntos menor que uso ocasional) y regulación metacognitiva (0.71 puntos menor), con tamaños del efecto grandes ( $\eta^2p = .467-.627$ ).

## **Discusión**

Los hallazgos del presente estudio revelan asociaciones significativas entre el uso intensivo de inteligencia artificial generativa y decrementos en funciones ejecutivas prefrontales, particularmente en corteza dorsolateral y anterior, consistente con investigaciones recientes que documentan efectos adversos de la externalización cognitiva digital sobre procesos de control ejecutivo en adolescentes (Firth et al., 2019), las correlaciones negativas observadas entre frecuencia de uso de IA y rendimiento en memoria de trabajo, planeación y metamemoria sugieren que la delegación de tareas cognitivas a sistemas artificiales podría interferir con la consolidación de circuitos prefrontales durante períodos críticos del neurodesarrollo (Uncapher y Wagner, 2018).

El efecto diferencial de acuerdo con Salomon et al. (2020), según tipo de dependencia tecnológica donde usuarios que emplean IA como andamiaje cognitivo mantienen niveles metacognitivos superiores comparados con aquellos que la utilizan como sustitución respalda modelos teóricos sobre tecnología como herramienta de amplificación versus reemplazo cognitivo. Este patrón sugiere que el impacto neuropsicológico de la IA generativa no depende exclusivamente de la frecuencia de uso, sino fundamentalmente de la naturaleza de la interacción cognitiva que el usuario establece con la tecnología, hallazgo que coincide con evidencia sobre efectos heterogéneos de tecnologías digitales según modalidades de uso (León, 2024; Salah et al., 2024).

Los decrementos particularmente pronunciados en corteza prefrontal anterior entre usuarios frecuentes de IA sugieren vulnerabilidad específica de procesos ejecutivos de orden superior ante la externalización sistemática de tareas de planificación y evaluación (Roebbers, 2017). La magnitud de las asociaciones observadas ( $\eta^2p = .467-.627$ ) supera tamaños del efecto reportados en los estudios de Madore et al. (2020) y Rolls (2024), indicando que la naturaleza cualitativamente diferente de la IA generativa como tecnología que simula procesos de pensamiento de orden superior en lugar de meramente facilitar acceso a información.

La ausencia de efectos de interacción significativos entre edad y nivel de uso indica que las asociaciones negativas entre uso de IA y funciones ejecutivas se mantienen consistentes a través de los grupos etarios, sugiriendo que tanto adolescentes tempranos (13-15 años) como tardíos (16-18 años) exhiben vulnerabilidad comparable ante patrones de uso intensivo (Klarin et al., 2024; Warsaw et al., 2021). Este hallazgo contrasta con hipótesis de Casey et al. (2019)

y Pfeifer y Allen (2021), acerca de plasticidad diferencial que predecirían mayor susceptibilidad en adolescentes tempranos durante períodos de máxima reorganización sináptica prefrontal, requiriendo investigación longitudinal para determinar trayectorias evolutivas de estos efectos.

Los efectos principales robustos de edad documentados con adolescentes de 16-18 años demostrando rendimiento superior en todas las áreas prefrontales evaluadas replican trayectorias normativas de maduración ejecutiva durante la adolescencia, similar al estudio de Maeneja et al. (2025), confirmando la validez ecológica de los instrumentos empleados y la ausencia de efectos de confusión que pudieran invalidar comparaciones entre grupos de uso. La preservación de diferencias evolutivas esperadas fortalece la interpretación de que las asociaciones observadas con uso de IA reflejan efectos sustantivos sobre funcionamiento ejecutivo más allá de artefactos metodológicos o variables confusoras no controladas (Tervo et al., 2023; Laureys et al., 2021).

La asociación entre uso de IA como sustitución cognitiva y menor regulación metacognitiva particularmente en subcomponentes de monitoreo, evaluación y depuración según el estudio de Albus y Seufert (2024) sugiere que la externalización de procesos de verificación y autocorrección a sistemas artificiales podría comprometer el desarrollo de capacidades autorreguladoras fundamentales para aprendizaje autorregulado. Este patrón resulta particularmente preocupante ya que la investigación de Schneider, et al. (2022) y Sheffler et al. (2022), menciona que la adolescencia constituye período crítico para consolidación de habilidades metacognitivas que sustentan aprendizaje académico exitoso y adaptación a demandas cognitivas crecientes.

Finalmente, destacar que el presente estudio presenta limitaciones metodológicas que deben considerarse en la interpretación de hallazgos, incluyendo el diseño transversal que imposibilita inferencias causales definitivas sobre direccionalidad de asociaciones observadas, la utilización de muestreo no probabilístico que limita generalización de resultados a poblaciones adolescentes más amplias. Investigaciones futuras deberían implementar diseños longitudinales con mediciones repetidas de funciones ejecutivas y evaluar efectos de intervenciones psicoeducativas sobre modalidades adaptativas de uso de IA generativa en contextos académicos (Wang y Cheng, 2020).

## **Conclusiones**

El estudio confirma asociaciones significativas entre uso intensivo de inteligencia artificial generativa y decrementos en funciones ejecutivas prefrontales, particularmente en corteza dorsolateral y anterior, cumpliendo el objetivo de caracterizar perfiles neuropsicológicos de adolescentes usuarios frecuentes, los hallazgos revelan que la modalidad de interacción con IA andamiaje versus sustitución cognitiva constituye predictor más robusto del rendimiento metacognitivo que la frecuencia de uso per se, sugiriendo que intervenciones psicoeducativas deberían enfocarse en promover patrones adaptativos de uso tecnológico.

Por otro lado, se identifica memoria de trabajo verbal, planeación y metamemoria como funciones ejecutivas particularmente susceptibles al uso frecuente de IA generativa, con tamaños del efecto de magnitud moderada a grande que superan asociaciones reportadas para otras tecnologías digitales, considerar que los decrementos observados en regulación metacognitiva evidencian riesgo de compromiso en capacidades autorreguladoras fundamentales para aprendizaje académico, estos hallazgos posicionan al estudio como contribución empírica original en neuropsicología del desarrollo, proporcionando primera caracterización sistemática de perfiles ejecutivos y metacognitivos asociados al uso de IA generativa en población adolescente hispanohablante.

Finalmente, destacar las implicaciones prácticas del estudio sugieren necesidad de implementar programas de alfabetización digital que enseñen a adolescentes estrategias de uso metacognitivo de IA generativa como herramienta de amplificación en lugar de reemplazo cognitivo, puesto que los contextos educativos deberían incorporar evaluación de patrones de uso tecnológico en protocolos de valoración neuropsicológica. Investigaciones futuras requieren diseños longitudinales que establezcan direccionalidad causal, incorporen mediciones objetivas de uso tecnológico mediante monitoreo digital, y evalúen eficacia de intervenciones orientadas a promover metacognición durante interacción con sistemas de inteligencia artificial en contextos académicos.

### Referencias bibliográficas

- Albus, P., & Seufert, T. (2024). Artificial intelligence in education: The importance of metacognitive monitoring. In *The impact of artificial intelligence on societies: Understanding attitude formation towards AI* (pp. 109-118). Cham: Springer Nature Switzerland. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-70355-3\\_8](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-70355-3_8)
- Arianto, F., y Hanif, M. (2024). Evaluating metacognitive strategies and self-regulated learning to predict primary school students' self-efficacy and problem-solving skills in science learning. *Journal of Pedagogical Research*, 8(3), 301-319. <https://doi.org/10.33902/JPR.202424913>
- Bravo, M. J., Galiana, L., Rodrigo, M. F., Navarro-Pérez, J. J., y Oliver, A. (2020). An adaptation of the Critical Thinking Disposition Scale in Spanish youth. *Thinking Skills and Creativity*, 38, 100748. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2020.100748>
- Casey, B. J., Heller, A. S., Gee, D. G., y Cohen, A. O. (2019). Development of the emotional brain. *Neuroscience Letters*, 693, 29–34. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2017.11.055>
- Chini, M., y Hanganu-Opatz, I. L. (2021). Prefrontal cortex development in health and disease: Lessons from rodents and birds. *Genes, Brain and Behavior*, 20(1), e12719. <https://doi.org/10.1111/gbb.12719>
- dos Santos Kawata, K. H., Ueno, T., Hashimoto, R., Yoshino, S., Ohta, K., Nishida, A., Ando, S., Nakatani, H., Kasai, K., y Koike, S. (2021). Development of metacognition in adolescence: The congruency-based metacognition scale. *Frontiers in Psychology*, 11, 565231. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.565231>
- Elhousseini, S., Sullivan, A., y Matthews, J. S. (2022). A quantitative review of the effects of self-regulation interventions on primary and secondary student academic achievement. *Metacognition and Learning*, 17(3), 1125-1163. <https://doi.org/10.1007/s11409-022-09311-0>
- Filippi, R., Ceccolini, A., Periche-Tomas, E., y Bright, P. (2020). Developmental trajectories of metacognitive processing and executive function from childhood to older age. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 73(11), 1757-1773. <https://doi.org/10.1177/1747021820931096>
- Firth, J., Torous, J., Stubbs, B., Firth, J. A., Steiner, G. Z., Smith, L., Alvarez-Jimenez, M., Gleeson, J., Vancampfort, D., Armitage, C. J., y Sarris, J. (2019). The "online brain":

- How the Internet may be changing our cognition. *World Psychiatry*, 18(2), 119-129.  
<https://doi.org/10.1002/wps.20617>
- Flores Lázaro, J. C., Ostrosky-Shejet, F., y Lozano Gutiérrez, A. (2014). *Batería Neuropsicológica de Funciones Ejecutivas y Lóbulos Frontales* (2.ª ed.). Manual Moderno.
- Grassini, S. (2023). Development and validation of the AI Attitude Scale (AIAS-4): A brief measure of general attitude toward artificial intelligence. *Frontiers in Psychology*, 14, 1191628. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1191628>
- Gutiérrez de Blume, A. P., Montoya Londoño, D. M., Peláez Henao, O. A., Agudelo Velásquez, J. S., Cortés Acosta, A. M., Alzate Florez, D., ... Bonilla-Santos, J. (2024). Psychometric properties of the Metacognitive Awareness Inventory (MAI): Standardization to an international Spanish with 12 countries. *Metacognition and Learning*, 19(3), 1075-1104. <https://doi.org/10.1007/s11409-024-09388-9>
- Halse, M., Steinsbekk, S., Hammar, A., y Wichstrøm, L. (2024). Emotions or cognitions first? Longitudinal relations between executive functions and emotion regulation in childhood. *Child Development*, 95(3), 819-835. <https://doi.org/10.1111/cdev.14096>
- Klarin, J., Hoff, E., Larsson, A., & Daukantaitė, D. (2024). Adolescents' use and perceived usefulness of generative AI for schoolwork: exploring their relationships with executive functioning and academic achievement. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 7, 1415782. <https://www.frontiersin.org/journals/artificial-intelligence/articles/10.3389/frai.2024.1415782/full?ref=viden.ai>
- Kouklari, E. C., Tsermentseli, S., y Monks, C. P. (2023). Cross-sectional developmental trajectories of executive function and relations to theory of mind in autism spectrum disorder. *Journal of Pediatric Neuropsychology*, 9(3), 180-195.  
<https://doi.org/10.1007/s40817-023-00148-2>
- Laureys, F., Middelbos, L., Rommers, N., De Waelle, S., Coppens, E., Mostaert, M., ... & Lenoir, M. (2021). The effects of age, biological maturation and sex on the development of executive functions in adolescents. *Frontiers in Physiology*, 12, 703312.  
<https://www.frontiersin.org/journals/physiology/articles/10.3389/fphys.2021.703312/full>

- León-Domínguez, U. (2024). Potential cognitive risks of generative transformer-based AI chatbots on higher order executive functions. *Neuropsychology*, 38(4), 293-308. <https://doi.org/10.1037/neu0000948>
- Liu, J., Chen, Y., Xu, J., y Wang, C. (2024). The effects of over-reliance on AI dialogue systems on students' cognitive abilities: A systematic review. *Smart Learning Environments*, 11, 16. <https://doi.org/10.1186/s40561-024-00316-7>
- Lozano Gutiérrez, A., y Ostrosky, F. (2011). Desarrollo de las funciones ejecutivas y de la corteza prefrontal. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 11(1), 159-172.
- Madore, K. P., Khazenzon, A. M., Backes, C. W., Jiang, J., Uncapher, M. R., Norcia, A. M., y Wagner, A. D. (2020). Memory failure predicted by attention lapsing and media multitasking. *Nature*, 587(7832), 87–91. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2870-z>
- Maeneja, R., Rato, J., & Ferreira, I. S. (2025). How Is the Digital Age Shaping Young Minds? A Rapid Systematic Review of Executive Functions in Children and Adolescents with Exposure to ICT. *Children*, 12(5), 555. <https://www.mdpi.com/2227-9067/12/5/555>
- Merma-Molina, G., Urrea-Solano, M., y Gavilán-Martín, D. (2025). Psychometric properties of the Critical Thinking Disposition Scale in Peruvian adolescents. *Frontiers in Education*, 10, 1537797. <https://doi.org/10.3389/educ.2025.1537797>
- Park, S., Chun, H., y Etnier, J. L. (2023). Exploring the mediating role of executive function in the relationship between aerobic fitness and academic achievement in adolescents. *Brain Sciences*, 13(4), 614. <https://doi.org/10.3390/brainsci13040614>
- Pfeifer, J. H., y Allen, N. B. (2021). Puberty initiates cascading relationships between neurodevelopmental, social, and internalizing processes across adolescence. *Biological Psychiatry*, 89(2), 99–108. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2020.09.002>
- Poll, G. H., y Petru, J. (2023). Assessing adolescent metacognitive skills to support transition planning: Age-related change and domain specificity. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 54(1), 240-257. <https://doi.org/10.1177/15257401221120368>
- Roebers, C. M. (2017). Executive function and metacognition: Towards a unifying framework of cognitive self-regulation. *Developmental Review*, 45, 31–51. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2017.04.001>

- Rolls, E. T. (2024). The memory systems of the human brain and generative artificial intelligence. *Heliyon*, 10(11). [https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440\(24\)07996-9](https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440(24)07996-9)
- Salah, M., Abdelfattah, F., & Al Halbusi, H. (2024). The good, the bad, and the GPT: Reviewing the impact of generative artificial intelligence on psychology. *Current Opinion in Psychology*, 59, 101872. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352250X2400085X>
- Salomon, G., Perkins, D. N., y Globerson, T. (2020). Partners in cognition: Extending human intelligence with intelligent technologies. *Educational Researcher*, 20(3), 2–9. <https://doi.org/10.3102/0013189X020003002>
- Sayal, A., Gautam, P., Zhao, Y., Nandam, S. L., Beckmann, C. F., y Rommelse, N. (2024). Longitudinal associations between cognition and white matter microstructure in youth, and the moderating role of adolescent alcohol use. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 69, 101432. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2024.101432>
- Schneider, W., Tibken, C., & Richter, T. (2022). The development of metacognitive knowledge from childhood to young adulthood: Major trends and educational implications. In *Advances in child development and behavior* (Vol. 63, pp. 273-307). JAI. <https://www.sciencedirect.com/science/chapter/bookseries/abs/pii/S006524072200022>  
2
- Schraw, G., y Dennison, R. S. (1994). Assessing metacognitive awareness. *Contemporary Educational Psychology*, 19(4), 460–475. <https://doi.org/10.1006/ceps.1994.1033>
- Shanmugasundaram, M., y Tamilarasu, A. (2023). The impact of digital technology, social media, and artificial intelligence on cognitive functions: A review. *Frontiers in Cognition*, 2, 1203077. <https://doi.org/10.3389/fcogn.2023.1203077>
- Sheffler, P., Rodriguez, T. M., Cheung, C. S., & Wu, R. (2022). Cognitive and metacognitive, motivational, and resource considerations for learning new skills across the lifespan. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 13(2), e1585. <https://wires.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/wcs.1585>
- Tervo-Clemmens, B., Calabro, F. J., Parr, A. C., Fedor, J., Foran, W., & Luna, B. (2023). A canonical trajectory of executive function maturation from adolescence to

adulthood. *Nature communications*, 14(1), 6922.

<https://www.nature.com/articles/s41467-023-42540-8>

Uncapher, M. R., y Wagner, A. D. (2018). Minds and brains of media multitaskers: Current findings and future directions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(40), 9889–9896. <https://doi.org/10.1073/pnas.1611612115>

Vijayakumar, N., Op de Macks, Z., Shirtcliff, E. A., y Pfeifer, J. H. (2024). Puberty and the human brain: Insights into adolescent development. *Neuroscience y Biobehavioral Reviews*, 155, 105445. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2023.105445>

Wang, X., y Cheng, Z. (2020). Cross-sectional studies: Strengths, weaknesses, and recommendations. *Chest*, 158(1S), S65–S71.

<https://doi.org/10.1016/j.chest.2020.03.012>

Willoughby, M. T., Wylie, A. C., y Little, M. H. (2019). Testing longitudinal associations between executive function and academic achievement. *Developmental Psychology*, 55(4), 767-779. <https://doi.org/10.1037/dev0000664>

Zhai, X., y Wibowo, S. (2024). A systematic review on artificial intelligence dialogue systems for enhancing English as foreign language students' interactional competence in the university. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 6, 100198.

<https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100198>

### Contribución de autoría

ROLES	AUTORES QUE ASUMIERON EL ROL
Conceptualización	José Guartatanga Rodríguez
Análisis formal	José Guartatanga Rodríguez
Investigación	José Guartatanga Rodríguez
Metodología	José Guartatanga Rodríguez
Supervisión	José Guartatanga Rodríguez
Redacción – borrador original	José Guartatanga Rodríguez

### Responsabilidades éticas:

El autor declara que en esta investigación no se realizaron experimentos con seres humanos. Inicialmente, se informó de manera general a la población, cuáles eran las finalidades del estudio; así como las garantías derivadas del consentimiento informado del representante legal y el asentimiento informado del estudiante participante.

### Financiación:

Esta investigación no contó con financiamiento de entidades públicas y/o privadas.

### Conflictos de interés:

El autor declara no tener conflictos de interés respecto a esta investigación.