

Memoria de trabajo y planificación en la solución del juego matemático *La Escalera* en niños con y sin Cociente Intelectual Límitrofe (CIL)

Johan Paola Niño Rodríguez¹

¹Universidad Francisco José de Caldas – Doctorado en Educación
Correo electrónico: jpniñor@udistrital.edu.co
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5441-6710>

Recibido: 28/11/2025 Aprobado: 21/12/2025

Resumen. Este estudio tuvo como propósito analizar cómo se movilizan los recursos de la memoria de trabajo cuando niños con Cociente Intelectual Límitrofe (CIL) y niños sin diagnóstico cognitivo resuelven el juego matemático *La Escalera*. Para ello, se examinaron las trayectorias generadas por los participantes dentro del entorno digital del juego, las cuales fueron reconstruidas mediante grafos con el fin de observar los procesos de planificación, toma de decisiones y ajuste de estrategias durante la actividad. La muestra estuvo conformada por 100 niños entre los 9 y 12 años ($M = 10.4$; $DE = 1.1$), de los cuales 20 contaban con diagnóstico de CIL y 80 no presentaban reportes de dificultades cognitivas. El análisis de los recorridos evidenció que los niños con CIL tienden a presentar trayectorias menos estables, con mayor presencia de repeticiones, retrocesos y desviaciones respecto de la ruta óptima, así como un mayor número de reinicios y fragmentaciones en la secuencia de acciones. Estos patrones sugieren mayores dificultades para sostener la atención y mantener un plan de acción continuo. En contraste, los niños sin diagnóstico mostraron recorridos más directos y consistentes, aun cuando algunos manifestaron dificultades para concentrarse. En conjunto, los resultados indican que las trayectorias dentro del juego constituyen un indicador sensible de los procesos cognitivos implicados en la planificación y el control de la acción, especialmente en niños con CIL. Asimismo, el uso de un juego digital permitió acceder a una visión dinámica del desempeño, al hacer visibles decisiones y errores que no siempre emergen en evaluaciones tradicionales.

Palabras clave: Memoria de trabajo; Planificación cognitiva; Educación matemática; Juegos educativos; Inclusión educativa.

Working Memory and Planning in Solving the Mathematical Game *La Escalera* in Children With and Without Borderline Intellectual Functioning (BIF)

Abstract. The aim of this study was to examine how working memory resources are engaged when children with Borderline Intellectual Functioning (BIF) and children without cognitive diagnoses solve the mathematical game *La Escalera*. To this end, participants' trajectories within the game's digital environment were analyzed and reconstructed as graphs, allowing for a detailed examination of planning processes, decision-making, and strategy adjustment during task performance. The sample consisted of 100 children aged between 9 and 12 years ($M = 10.4$; $SD = 1.1$), including 20 children diagnosed with BIF and 80 children without reported cognitive difficulties. Analysis of the trajectories revealed that children with BIF tend to produce less stable solution paths, characterized

by more frequent repetitions, returns to previously visited states, and deviations from the most efficient route. Additionally, their action sequences showed a higher occurrence of restarts and fragmentation, suggesting greater difficulty in sustaining attention and maintaining a continuous plan of action. In contrast, children without a diagnosis generally followed more direct and consistent paths, even when some reported difficulties with concentration. Overall, the findings suggest that in-game trajectories serve as a sensitive indicator of the cognitive processes involved in planning and action control, particularly in children with BIF. Moreover, the use of a digital game provided a dynamic perspective on performance by making visible decisions and errors that are not always captured through traditional assessment methods.

Keywords: Working memory; Cognitive planning; Mathematics education; Educational games; Inclusive education.

Memória de Trabalho e Planejamento na Resolução do Jogo Matemático *La Escalera* em Crianças com e sem Funcionamento Intelectual Limítrofe (FIL)

Resumo. O objetivo deste estudo foi analisar como os recursos da memória de trabalho são mobilizados quando crianças com Quociente Intelectual Limítrofe (QIL) e crianças sem diagnóstico cognitivo resolvem o jogo matemático *A Escada*. Para isso, foram examinadas as trajetórias produzidas pelos participantes no ambiente digital do jogo, as quais foram reconstruídas por meio de grafos, possibilitando a observação dos processos de planejamento, tomada de decisão e ajuste de estratégias ao longo da atividade. A amostra foi composta por 100 crianças com idades entre 9 e 12 anos ($M = 10,4$; $DP = 1,1$), sendo 20 com diagnóstico de QIL e 80 sem relatos de dificuldades cognitivas. A análise dos percursos indicou que as crianças com QIL tendem a apresentar trajetórias menos estáveis, com maior ocorrência de repetições, retornos a estados já visitados e desvios em relação ao caminho mais eficiente, além de mais reinícios e fragmentações na sequência de ações. Esses padrões sugerem maiores dificuldades para manter a atenção e sustentar um plano de ação contínuo. Em contraste, as crianças sem diagnóstico, de modo geral, seguiram percursos mais diretos e consistentes, mesmo quando relataram dificuldades de concentração. Em conjunto, os resultados indicam que as trajetórias no jogo funcionam como um indicador sensível dos processos cognitivos envolvidos no planejamento e no controle da ação, especialmente em crianças com QIL. Além disso, o uso de um jogo digital possibilitou uma visão mais dinâmica do desempenho, tornando visíveis decisões e erros que nem sempre são identificados em avaliações tradicionais.

Palavras-chave: Memória de trabalho; Planejamento cognitivo; Educação matemática; Jogos educativos; Educação inclusiva.

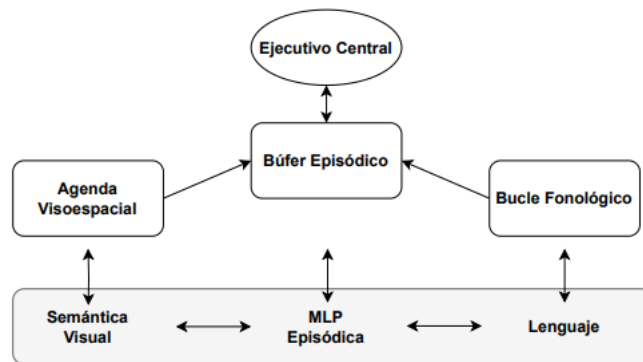
Introducción

En la búsqueda de eliminar barreras con poblaciones con discapacidad, uno de los tópicos de investigación es comprender las implicaciones de la memoria de trabajo durante la solución de problemas en estudiantes con cociente intelectual limítrofe. En este sentido, esta sección describe tres conceptos: memoria de trabajo, capacidad intelectual limítrofe y planificación como proceso cognitivo (Sternberg, 1980). Luego, articula los tres conceptos en el contexto de educación matemática. Finalmente, pero no menos importante, se presenta una revisión del uso del juego matemático *La Escalera* en el contexto de la resolución de problemas en la enseñanza de las matemáticas (León et al., 2018).

La memoria es una capacidad cognitiva esencial que permite codificar, almacenar y recuperar información necesaria para la resolución de tareas y la consecución de metas (Baddeley, 2007; Cowan, 2016; Padín, 2013). En la literatura se diferencian cuatro tipos principales: a) memoria sensorial, b) memoria operativa, c) memoria a largo plazo dividida en declarativa y procedimental, y d) memoria de trabajo, concebida como un sistema dinámico que no solo retiene información temporalmente, sino que también permite manipularla activamente (Padín, 2013; Baddeley, 2017). La comprensión de la memoria de trabajo ha evolucionado desde los modelos lineales de Atkinson y Shiffrin (1968) hasta las propuestas de niveles de procesamiento de Lockhart y Craik (1990) y la distinción episódico-semántica de Tulving et al. (1972), consolidándose finalmente en el modelo multicomponencial de Baddeley y Hitch (1974) y sus refinamientos posteriores (Molina et al., 2016; Baddeley, 2017).

Figura 1

Modelo de memoria de trabajo de cuatro componentes.



Nota. Adaptado de Morales (2018).

El bucle fonológico permite el almacenamiento temporal de información verbal a través de un almacén fonológico y la repetición subvocal, manteniendo activos los contenidos lingüísticos (Baddeley, 2000; Gathercole & Baddeley, 1993). En personas con Cociente Intelectual Límite (CIL), este subsistema suele estar comprometido, generando dificultades para recordar secuencias de palabras, números o instrucciones complejas (Seah & Horne, 2019; Schuchardt, Maehler & Hasselhorn, 2011).

La agenda visoespacial complementa al bucle fonológico, procesando y manteniendo información visual y espacial, fundamental para orientar, manipular objetos y seguir instrucciones gráficas (Logie, 1995; Baddeley, 2017). Los déficits en este subsistema en estudiantes con CIL afectan tareas de aprendizaje matemático que requieren coordinación visoespacial, construcción de mapas mentales o seguimiento de patrones complejos.

El búfer episódico integra información verbal y visoespacial, facilitando la codificación de experiencias significativas y la coherencia de la memoria multisensorial (Baddeley, 2000; Baddeley et al., 2011). Las limitaciones en este componente impiden a los estudiantes con CIL

formar recuerdos integrados y coherentes, afectando su desempeño en tareas cognitivamente complejas (Artigas-Pallarés, 2003; Schuchardt et al., 2011).

El ejecutivo central regula la atención, coordina los subsistemas y supervisa la planificación y la flexibilidad cognitiva (Miyake et al., 2000; Baddeley, 2017). En personas con CIL, los déficits en este componente se asocian con problemas de concentración, rigidez cognitiva y dificultades para alternar entre tareas, afectando su adaptación en contextos de aprendizaje dinámicos.

El CIL se define como un nivel de funcionamiento intelectual situado en el límite inferior de la distribución normal, sin constituir un trastorno mental ni discapacidad, pero con implicaciones sobre la adquisición y manipulación de información compleja (de Psiquiatría, 2001; Peltopuro et al., 2014). Las limitaciones en memoria de trabajo y funciones ejecutivas afectan la atención, la organización de pensamientos y la resolución de tareas académicas, mostrando retrasos o desviaciones cualitativas en el desarrollo cognitivo (Artigas-Pallarés, 2003; Seah & Horne, 2019; Schuchardt et al., 2011).

La planificación es un proceso cognitivo que permite anticipar, organizar y coordinar acciones para resolver problemas y alcanzar metas (Sternberg, 1980; Carretero & Asensio, 2014). Implica el uso de estrategias diversas como la división de problemas en subproblemas, el análisis de medios y fines, la búsqueda heurística o el uso de analogías y depende de la interacción entre memoria de trabajo, función ejecutiva y experiencia previa (Newell & Simon, 1972; Anderson, 2000). Esta capacidad es crucial para abordar problemas bien estructurados, con variables y metas definidas, y problemas débilmente estructurados, en los que las soluciones y los caminos de resolución no son evidentes (Sternberg, 1980).

En educación matemática, los juegos constituyen dispositivos didácticos que promueven el desarrollo cognitivo, incluyendo memoria de trabajo, planificación, metacognición y autorregulación (Nicolopoulou, 1997; Rieber, 1996; Ramani & Siegler, 2008). Los juegos de transformación estructuran problemas con estados iniciales, metas, operadores y reglas, generando espacios de solución representables mediante grafos, cuya topografía cíclica, dirigida o ponderada condiciona la exploración cognitiva del jugador y sus estrategias de resolución.

Figura 2

Tres variantes del juego «La Escalera».



Nota. (a) Versión mecánica, en la que los jugadores mueven las fichas manualmente. (b) Versión electrónica, que incorpora retroalimentación háptica y visual al movimiento de las

fichas. (c) Versión inteligente, en la que el dispositivo reacciona expresando emociones según la calidad de los movimientos realizados por los jugadores.

Estudios previos utilizando paradigmas como las Torres de Hanoi han evidenciado que niños con CIL presentan dificultades para mantener un plan, inhibir distractores y cambiar de estrategia según la complejidad de la tarea (Hartman et al., 2010). Sin embargo, existe un vacío de conocimiento en cuanto a cómo la memoria de trabajo, la planificación y la representación gráfica del espacio de solución mediante grafos interactúan en escenarios de aprendizaje matemático estructurado. Este vacío limita la comprensión de cómo las restricciones cognitivas propias del CIL afectan la construcción de estrategias y la toma de decisiones, constituyendo la motivación central de la investigación presente.

Considerando que la memoria de trabajo se caracteriza por una capacidad limitada para almacenar información, la necesidad de manipular y actualizar datos de forma constante, la susceptibilidad a la interferencia, la relación entre sus componentes (bucle fonológico, agenda visoespacial, búfer episódico y ejecutivo central) y la influencia de la velocidad de procesamiento y de la fatiga cognitiva, y que el Cociente Intelectual Límite (CIL) presenta dificultades específicas relacionadas con una menor capacidad de almacenamiento, problemas para manipular información verbal y visoespacial, limitaciones en la atención y en las funciones ejecutivas, procesamiento más lento y un uso menos flexible y eficiente de estrategias, se reconoce que la planificación como proceso cognitivo dependiente de la memoria de trabajo implica anticipar, organizar, mantener y ajustar pasos para alcanzar una meta, haciendo uso de estrategias como ensayo y error, búsqueda exhaustiva, análisis de medios y fines o uso de analogías.

Además, los juegos matemáticos, al constituirse como problemas bien definidos con estados iniciales, metas, operadores y reglas claras, permiten representar las trayectorias de los jugadores mediante grafos, ofreciendo así un entorno estructurado para observar la planificación, el control ejecutivo y el uso de estrategias en tiempo real. Por su capacidad para motivar, proporcionar retroalimentación inmediata y permitir registros precisos de la interacción del jugador, estos juegos constituyen un recurso idóneo para explorar los procesos cognitivos involucrados en la resolución de problemas. En este contexto, se formula la pregunta: ¿Cuáles son las condiciones de exploración de la memoria de trabajo que se pueden identificar mediante el análisis de las trayectorias de solución en el juego “La Escalera” en niños con Cociente Intelectual Límite (CIL)?

Hipótesis

- **H1:** Los niños con CIL muestran trayectorias de solución menos óptimas en términos de la cantidad de pasos necesarios para llegar a una solución en comparación con niños con un cociente intelectual promedio.

- **H2:** Los niños con CIL suelen generar menos estrategias a largo plazo y explorar menos opciones antes de tomar decisiones en comparación con niños con cociente intelectual promedio.

Método

Diseño

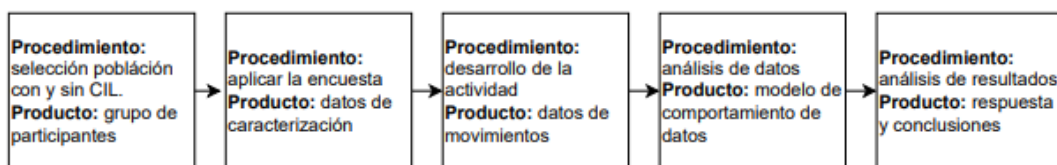
Para dar respuesta a la pregunta las trayectorias mediante los índices de ramificación y buclicidad y la cantidad de intentos de solución del juego fueron comparados los dos grupos (con y sin CIL). La figura 3 presenta el procedimiento de la investigación. El enfoque de la investigación es cuantitativo en donde los datos obtenidos son de los movimientos de los sujetos en el juego virtual. El alcance es exploratorio debido a la intención de encontrar relaciones entre la memoria de trabajo y el cociente intelectual. El diseño es cuasi-experimental debido al reducido número de sujetos con CIL.

Participantes

El estudio contó con la participación de 100 niños de entre 9 y 12 años ($M = 10.4, SD = 1.1, N = 100$), divididos en dos grupos: uno conformado por 20 niños diagnosticados con Cociente Intelectual Límite (CIL) y otro integrado por 80 niños neurotípicos sin ningún diagnóstico en particular. Los participantes en el grupo de niños con CIL fueron diagnosticados por profesionales de la salud y la educación, utilizando los criterios establecidos por la prueba de cociente intelectual WISC-V. Por su parte, el grupo de niños neurotípicos estuvo compuesto por estudiantes sin antecedentes de diagnóstico cognitivo. Todos los participantes fueron seleccionados de una institución educativa de la ciudad de Bogotá.

Figura 3

Diseño de la investigación para explorar la relación entre la memoria de trabajo y el cociente intelectual.



Nota. El diseño incluye cinco fases: selección de población y participantes, aplicación de encuestas de caracterización, desarrollo de la actividad de movimientos, análisis de datos mediante un modelo de comportamiento y análisis de resultados con conclusiones.

Materiales

El juego aplicado a los participantes fue la versión online de *La Escalera*. El objetivo del juego es intercambiar de posición los grupos de fichas de color rojo y azul. Es decir, que al final todas las fichas rojas estén en las posiciones que ocupaban originalmente las azules, y viceversa. Las reglas del juego son: Regla 1. Al hacer clic sobre la ficha esta se desplaza al espacio vacío si las siguientes reglas lo permiten. Caso contrario se reinicia. Regla 2. No puedes volver a la

posición inmediatamente anterior. Regla 3. Solo se puede saltar sobre una ficha de color contrario.

Figura 4

Versión en línea del juego LEGO Matemáticos y visualización de trayectorias de los jugadores.



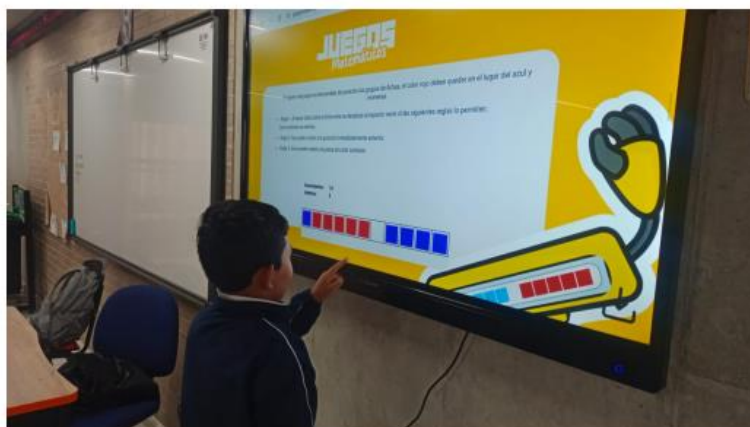
Nota. La versión en línea del juego es gratuita y permite la descarga de las trayectorias seguidas por los jugadores. Tomado de Grupo de Investigación DIDACTEC (2024).

Procedimiento

Un grupo de niños de entre 9 y 12 años que presenten habilidades neurotípicas y niños (CIL) fue seleccionado. Antes de la actividad, el consentimiento informado de los padres o acudientes fue firmado. Este documento proporcionaba detalles sobre la naturaleza de la actividad. El entorno de juego se prepara la sala de informática, asegurándose del correcto funcionamiento de los dispositivos tecnológicos, como computadoras o tablets, que se utilizarán durante la actividad. Luego se explicó la dinámica del juego "La Escalera" utilizando como ejemplos demostraciones visuales para facilitar la comprensión de las reglas y el objetivo del juego. Una vez que se completa el juego, se proporciona retroalimentación a los participantes sobre su desempeño y se discuten las estrategias utilizadas. Asimismo, se descargan los datos relacionados con la trayectoria de solución de cada niño para posteriormente ser analizados.

Figura 5

Escenario de implementación de la actividad.



Nota. Cada sujeto interactuó con el juego a través de un tablero interactivo

Consideraciones éticas

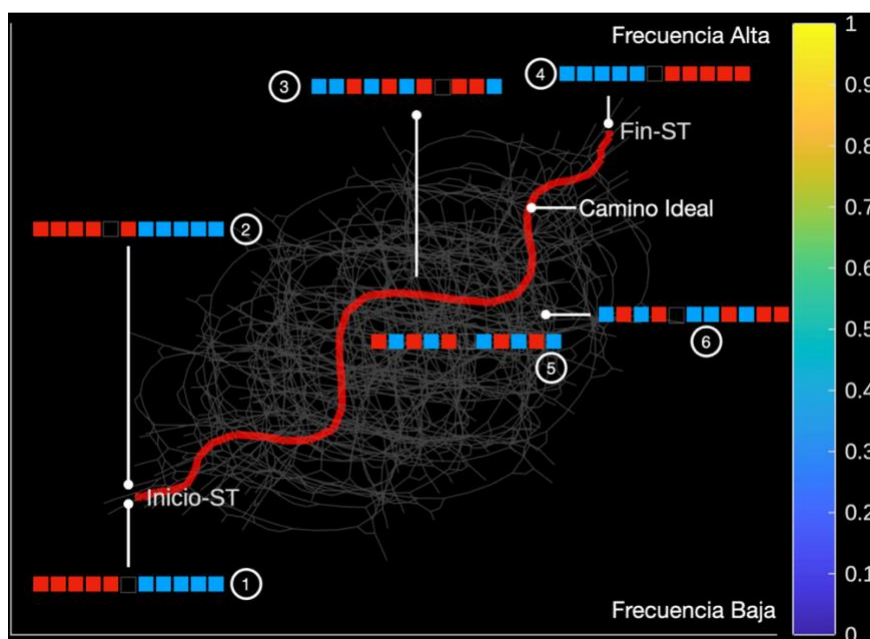
El estudio se desarrolló de conformidad con los principios éticos para la investigación con seres humanos. La participación de los niños fue voluntaria y contó con el consentimiento informado de los padres o acudientes legales, así como con el asentimiento de los participantes. Se garantizó la confidencialidad de la información mediante la anonimización de los datos y el uso exclusivo de los registros con fines académicos e investigativos. Asimismo, el estudio respetó el principio de no maleficencia, asegurando que las actividades realizadas no implicaran riesgos físicos, psicológicos ni académicos para los participantes.

Métricas y análisis

La figura 6 muestra un grafo que representa el espacio del problema del juego La Escalera. Está compuesto por líneas grises que indican la transición entre estados del juego. En la figura se resaltan 6 estados. Adicionalmente, se muestra la línea roja que indica el camino ideal con la menor cantidad de movimientos; un jugador experto soluciona el juego recorriendo los estados de la línea roja. En la parte derecha se presentan las convenciones para la comprensión de la frecuencia; las líneas amarillas indican baja frecuencia mientras que las rojas indican alta frecuencia. Así, el análisis del juego *La Escalera* se basa en la construcción de un grafo del espacio del problema, un grafo es una estructura compuesta por nodos y aristas que representan conexiones entre dichos nodos. El grafo funciona como una representación externa que hace observable la eficiencia, los errores y los patrones de exploración, proporcionando una base para el análisis del comportamiento del jugador dentro del espacio del problema.

Figura 6

Espacio del problema, ruta ideal, estados del juego y convenciones de frecuencia de visita.



Nota. Se presenta la descripción del espacio del problema, la ruta ideal, la representación de los estados del juego y las convenciones de frecuencia en la visita de dichos estados. Adaptado de León et al. (2019).

Dentro de la estructura del grafo destacan los puntos críticos (por ejemplo, representados en la figura 6 por los nodos 2,3,4,5), definidos como nodos en los que el jugador dispone de tres o más alternativas de movimiento. Estos puntos cumplen un papel crucial en la toma de decisiones, dado que obligan al jugador a seleccionar entre rutas óptimas, alternativas o equivocadas. La literatura señala que las decisiones en nodos altamente ramificados constituyen momentos clave de carga cognitiva, especialmente en tareas que demandan planificación y actualización de estados en memoria de trabajo (Siegler, 1996; VanLehn, 1990). Las decisiones óptimas mantienen al jugador en la ruta eficiente; las decisiones alternativas incrementan el costo del recorrido sin violar reglas; y las decisiones equivocadas conducen a rutas sin salida o a estados que fuerzan reinicios, lo que refleja fallas en la monitorización del problema o dificultades en la discriminación de estados relevantes.

A partir del grafo se derivan dos métricas centrales para la evaluación del desempeño de los jugadores:

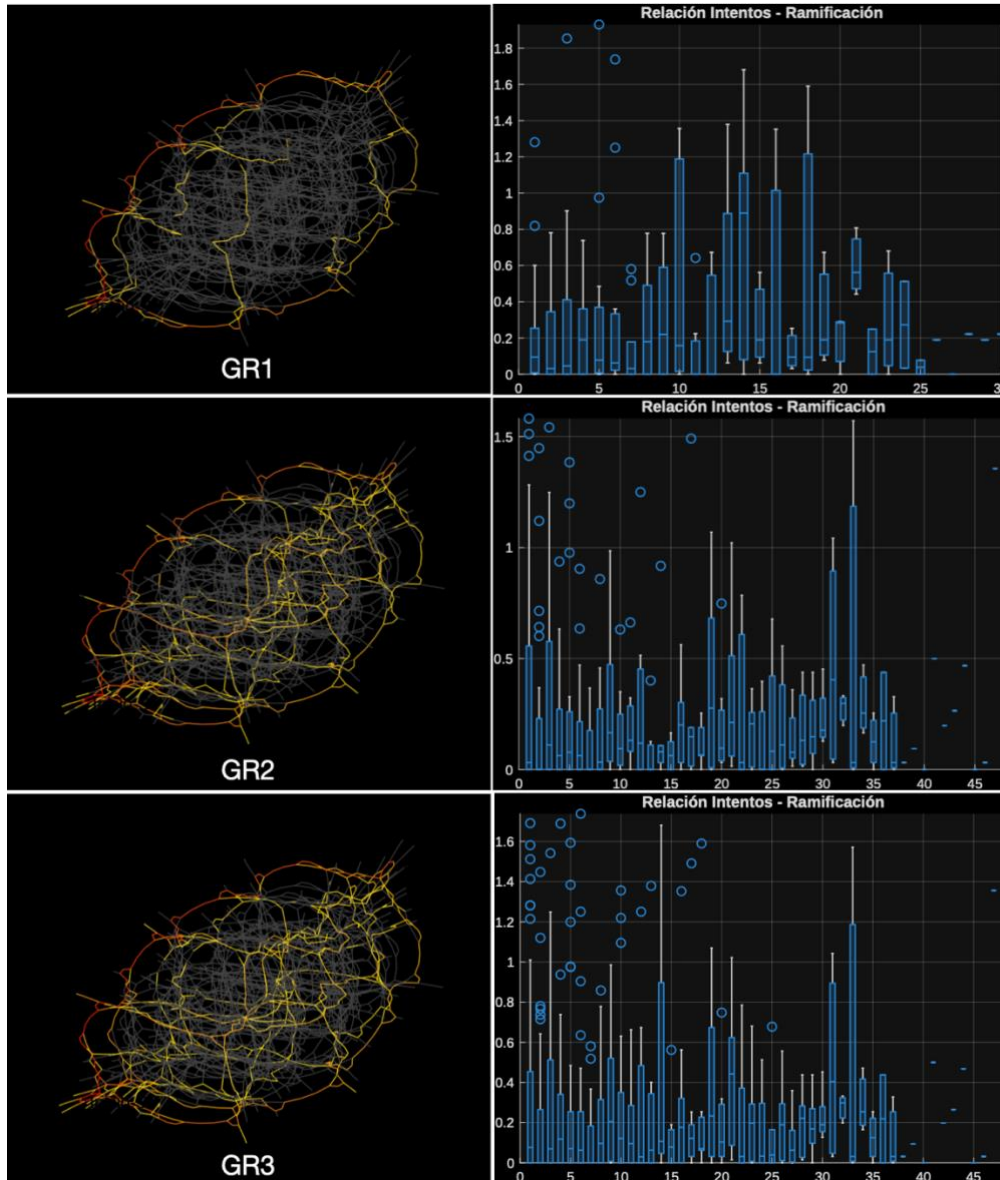
- a. Ramificación. Esta métrica mide cuántas veces el jugador se desvía de la ruta óptima al elegir alternativas no eficientes. La literatura sobre resolución de problemas sugiere que una mayor ramificación puede interpretarse como un aumento en la exploración, la indecisión o dificultades en la identificación de estados críticos relevantes .
- b. Buclicidad: La buclicidad cuantifica los retornos o bucles que realiza el jugador al volver a estados previamente visitados. Este indicador se relaciona con la capacidad de actualización de la memoria de trabajo y con el seguimiento del estado actual del problema. Retornos frecuentes se asocian con cargas cognitivas elevadas y dificultades en la gestión del progreso dentro de la tarea . Esta representación de la información permite visualizar como los jugadores navegan el espacio del problema y como se ve reflejada su memoria de trabajo en la solución.

Resultados

El punto de partida del análisis consiste en vincular cómo opera la memoria de trabajo con las particularidades cognitivas propias del Cociente Intelectual Límite (CIL) y con la manera en que los niños manifiestan su capacidad para concentrarse. La memoria de trabajo, sobre todo en lo que compete al ejecutivo central y a la agenda visoespacial, cumple un papel clave al permitir que el niño mantenga la atención, conserve la información necesaria y organice los pasos de una tarea. Por esta razón, se consideró aplicar y revisar resultados de las respuestas dadas a la pregunta “¿Puedes concentrarte en una actividad?” (Fácilmente, Tengo dificultades o No puedo) y cómo estas debían mostrar diferencias acordes con las características cognitivas de cada grupo participante.

Figura 7

Comparación de los movimientos realizados por los jugadores, divididos en 3 grupos de acuerdo con las respuestas.



Nota. Elaboración propia realizada en MATLAB.

Con esta relación como base, se compararon las trayectorias de solución de los niños con CIL y de aquellos sin diagnóstico mientras jugaban *La Escalera*. Para ello se recurrió a la representación gráfica de sus recorridos, lo que permitió identificar patrones como repeticiones, desvíos, reinicios y distintos grados de acercamiento a la ruta óptima. Estos elementos actúan como indicadores del funcionamiento real de la memoria de trabajo durante la actividad. En conjunto, la percepción de concentración y el comportamiento observado en las trayectorias ofrecen un marco sólido para distinguir cómo difieren los procesos cognitivos entre los dos grupos y para

comprender de qué manera la memoria de trabajo incide en las estrategias que cada niño despliega en un entorno lúdico estructurado.

De acuerdo con la figura 7, en G1 respuesta “fácilmente” se nota que las trayectorias se mantienen relativamente estables y recorren con mayor continuidad el contorno del espacio. Aunque aparecen algunos desvíos, la mayoría de los movimientos siguen una misma línea y se alejan del caos donde suelen concentrarse los errores. Este patrón encaja con los niños que dicen poder concentrarse fácilmente: logran sostener la meta en mente y evitar perderse en rutas innecesarias. Aunque no siguen a ruta ideal. Se ve que actualizan la información con menos esfuerzo y mantienen un control más constante sobre lo que están haciendo. Entre quienes tienen CIL, solo algunos alcanzan este nivel de estabilidad, y cuando lo hacen, se refleja claramente en una trayectoria más limpia y menos saturada de repeticiones.

De acuerdo con la figura 7, en G2 la respuesta “tengo dificultades”; las rutas ya no son tan firmes: comienzan a cruzarse con más frecuencia, aparecen desvíos hacia y se ve una mayor dispersión en la forma de recorrer el espacio. La trayectoria principal no desaparece, pero se interrumpe varias veces por intentos alternos que obligan a corregir el rumbo. Este tipo de recorrido coincide con quienes reconocen tener dificultades para concentrarse. Avanzan, pero pierden el hilo con facilidad y necesitan volver sobre sus pasos más de una vez. En los niños con CIL este patrón es muy común, porque la memoria de trabajo no alcanza a sostener las decisiones durante toda la secuencia, y por eso se ven estas idas y venidas en el grafo.

De acuerdo con la figura 7, en G3 la respuesta “no puedo” muestra el comportamiento más desorganizado; la trayectoria se pierde constantemente, se repiten bucles y aparecen varios puntos donde parece que el jugador pierde la ruta por completo. Las líneas rojas son más frecuentes, lo que indica errores y momentos cercanos al reinicio. Este tipo de patrón es coherente con quienes sienten que no logran concentrarse, porque la tarea exige mantener muchos pasos en mente y coordinar movimientos que dependen unos de otros. Cuando la memoria de trabajo no alcanza para sostener esa información, algo que ocurre con más fuerza en niños con CIL, la estrategia se fragmenta y el recorrido termina disperso, lleno de intentos fallidos y sin un avance claro hacia la meta.

Al comparar G1 con G2, se nota que el primero mantiene un recorrido más limpio y con pocas desviaciones. La mayor parte del movimiento se concentra en la parte externa del grafo, como si los participantes siguieran un borde relativamente claro sin necesidad de adentrarse demasiado en la zona central. En cambio, en G2 se observa algo distinto: desde los mismos puntos de decisión se abren más opciones y los niños exploran caminos que no aparecen en el primer gráfico. Esto genera un entramado más ramificado y una presencia más marcada en zonas intermedias, donde se percibe cierta vacilación para definir la dirección correcta. En G1 domina un tránsito estable; en G2, en cambio, se ve cómo la ruta se complica y se dispersa.

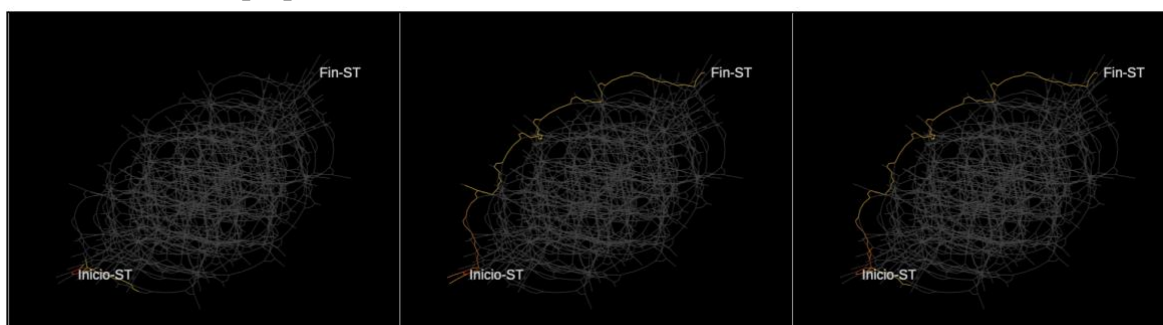
Si se pone G1 junto a G3, la diferencia es todavía más evidente. El primero muestra orden y continuidad: aunque hay movimientos secundarios, ninguno invade de manera significativa el centro del grafo. G3, en cambio, se sumerge repetidas veces en esa zona densa y confusa donde se concentran los bucles. La ramificación crece tanto que ya no parece responder a un intento claro de avanzar, sino a un esfuerzo por recuperar el rumbo que se pierde una y otra vez. Mientras G1 avanza bordeando el espacio con cierta lógica, G3 queda atrapado en un recorrido que se fragmenta, retrocede y vuelve a los mismos nodos sin lograr estabilizarse. La distancia entre ambos gráficos no es solo de forma, sino de calidad de navegación.

Entre G2 y G3 la diferencia no es tan abrupta como con G1, pero sí se nota un cambio importante en la manera en que se recorre el grafo. G2 todavía conserva momentos en los que la trayectoria intenta volver a una ruta más clara, incluso si se desvía con frecuencia. En G3 esa posibilidad casi desaparece: las bifurcaciones se multiplican y los movimientos se vuelven más erráticos, al punto de que cuesta encontrar un tramo sostenido que avance hacia la meta. Las zonas intermedias que en G2 funcionan como espacios de decisión, en G3 se transforman en áreas donde el jugador queda atrapado, repitiendo pasos. La principal diferencia se aprecia en la estabilidad: en G2 aún existe; en G3 prácticamente se pierde.

Figura 7

Comparación de los movimientos realizados por los jugadores con diagnóstico CIL, divididos en 3 grupos de acuerdo con las respuestas

Nota. Elaboración propia realizada en MATLAB.



El E:1 presenta un recorrido fragmentado al iniciar el juego, con numerosas líneas rojas y naranjas que evidencian repeticiones constantes y retrocesos. No aparece una ruta amarilla estable que indique una dirección clara hacia la meta. La concentración del en el inicio, junto con la ausencia de avance progresivo, muestra que el estudiante no logró identificar ni mantener un camino funcional, lo que finalmente se refleja en que no terminó la tarea.

Desde la perspectiva de la memoria de trabajo, este patrón sugiere dificultades marcadas para retener la ubicación previa, anticipar la siguiente acción y actualizar la información espacial mientras avanza. En niños (CIL) es común que la memoria visoespacial se sobrecargue rápidamente, generando desorientación cuando hay múltiples puntos posibles de decisión. El comportamiento observado indica que el estudiante pierde el referente inicial con

facilidad, se confunde al reevaluar su posición y queda atrapado repitiendo los mismos movimientos sin poder establecer una secuencia de pasos efectiva.

En E:2, se presenta una exploración de diferentes opciones antes de estabilizar algún tipo de avance. Sin embargo, las zonas con naranja y rojo son frecuentes, lo que refleja una repetición constante de pasos en los mismos nodos. La ramificación es mayor y se dispersa hacia áreas en las que la ruta óptima pierde claridad para el niño, lo que evidencia dificultades para retener la información relevante y para inhibir movimientos impulsivos. Las tendencias de caminos se mueven entre la periferia y el área intermedia, aunque no se recorrió la ruta ideal. Esta oscilación es típica de niños con CIL que logran avanzar algunos pasos, pero luego se desorientan y vuelven sobre sus decisiones. Aunque este niño sí avanza más que el caso I, la trayectoria muestra un funcionamiento de memoria de trabajo inestable, que obliga a tomar decisiones reiteradas sin lograr un verdadero progreso continuo.

En E:3 presenta una trayectoria que combina momentos de orientación clara con episodios de duda. La línea amarilla evidencia que pudo mantener una ruta lógica durante buena parte del recorrido, probablemente apoyándose en la referencia del borde. Sin embargo, aún se observan líneas rojas y naranjas que indican retrocesos en puntos críticos, lo que refleja que el control de la navegación no fue completamente estable.

En relación con la memoria de trabajo, este patrón sugiere que el estudiante posee una capacidad moderada para retener y utilizar la información espacial mientras avanza. Aunque se desorienta en ciertos momentos, logra reorganizarse sin quedar atrapado en bucles prolongados. Para un niño con CIL, este comportamiento corresponde a un nivel funcional de memoria visoespacial que permite avanzar, pero que se ve comprometido cuando la tarea exige decisiones rápidas o múltiples comparaciones espaciales.

Entre el E:1 y el E:3 se nota una diferencia clara en la manera de enfrentar el juego. El primero se mueve sin una dirección evidente solamente inicia y vuelve al mismo lugar, repite pasos y termina rodeado de líneas rojas sin avanzar, que muestran que no consiguió organizar la ruta. De hecho, nunca logra avanzar lo suficiente como para completar el recorrido. El E:3, aunque también duda en algunos momentos, consigue orientarse en varios tramos. En su grafo aparecen zonas amarillas que indican que encontró un camino más estable y pudo seguirlo, aunque a veces retrocedió para corregir. Esa alternancia entre avance y ajuste muestra que, a pesar de las dificultades, logró mantener un poco más claro “dónde estaba” dentro del recorrido. En estos casos, desde la memoria de trabajo, E:1 parece perder muy rápido la información que necesita para tomar la siguiente decisión. E:3 sí conserva por momentos la idea del trayecto y puede usarla para seguir avanzando. Esto encaja bien con el perfil de CIL, ambos pueden tener dificultades, pero en el caso del E:3 esa memoria visoespacial se sostiene un poco mejor.

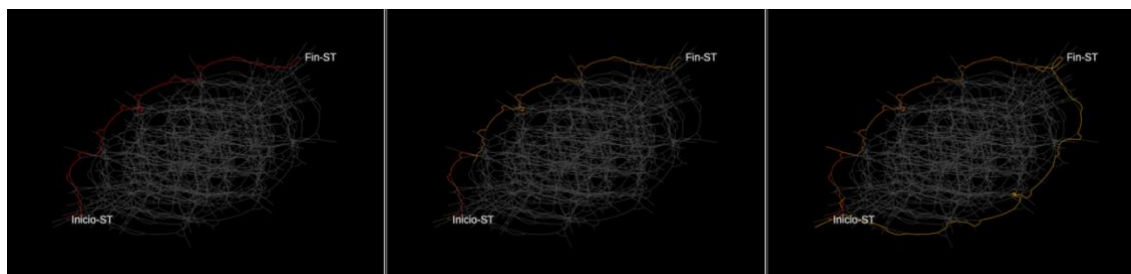
Entre E:1 y E:3, el primero llama la atención por lo enredado que resulta al iniciar. Las líneas rojas se acumulan en casi el mismo punto, como si cada intento lo llevara de nuevo al

mismo lugar sin encontrar una salida clara. No aparece un tramo continuo que muestre avance real, y eso explica por qué no logró terminar la tarea. Su movimiento refleja que no pudo mantener en mente por dónde había pasado ni hacia dónde debía dirigirse después. En E:3, en cambio, aunque también duda, consigue momentos en los que sí encuentra un camino más claro. Sus líneas amarillas muestran que en varios tramos logró orientarse y avanzar. Comete errores, retrocede y corrige, pero a diferencia del E:1, no queda atrapado en los mismos puntos. Tiene la capacidad de recuperar el rumbo y continuar. Desde el punto de vista de la memoria de trabajo, esta diferencia es evidente. En E:1 parece perder la referencia espacial casi de inmediato; cada decisión borra la anterior y termina moviéndose sin una idea del trayecto. En niños con CIL es común que, cuando la memoria visoespacial se satura, aparezcan repeticiones y vueltas al mismo lugar, tal como ocurre en este caso. En E:3 también experimenta esa carga cognitiva, pero logra sostener la información el tiempo suficiente para avanzar, corregir y volver a intentarlo. No mantiene la ruta de manera perfecta, pero sí cuenta con más estabilidad para seguir construyendo el camino

Entre E:2 y E:3 tienen recorridos parecidos en varios puntos, pero no se comportan igual. El E:2 logra mantener trayectos amarillos más extensos, lo que muestra que encontró partes del camino que pudo seguir sin perderse. Aun así, hay desvíos y retrocesos, pero no tan intensos como los del E:1. E3 también tiene momentos de buena orientación, aunque alterna más entre avanzar y corregirse. Su recorrido es un poco menos uniforme, como si la memoria de la ruta se le escapara por momentos y tuviera que reubicar la posición antes de seguir. Desde la memoria de trabajo, E:2 parece sostener mejor la información espacial. E3 también puede hacerlo, pero le dura menos tiempo; necesita “reconfirmar” el camino varias veces. Ambas respuestas son coherentes con perfiles CIL, solo que el E:2 muestra un funcionamiento algo más estable durante el recorrido.

Figura 8

Comparación de los movimientos realizados por los jugadores sin diagnóstico, divididos en 3 grupos de acuerdo con las respuestas.



Nota. Elaboración propia realizada en MATLAB.

En el caso de E:1, el recorrido se mantiene mayoritariamente en la zona externa del grafo y presenta una progresión relativamente estable. Esta forma de desplazamiento, que evita

internarse en el área central más densa, sugiere que el estudiante logró conservar referencias claras sobre su posición y sobre la dirección que estaba siguiendo. La presencia predominante de trazos amarillos indica continuidad en el avance, mientras que los pocos segmentos en rojo parecen responder a correcciones puntuales más que a desorganizaciones del recorrido. Desde la perspectiva de la memoria de trabajo, este patrón es coherente con un desempeño en el que las reglas del juego y la meta se mantienen activas, permitiendo tomar decisiones sin necesidad de rehacer constantemente la secuencia ya recorrida. Aunque se identifican algunos retrocesos, estos no fragmentan la trayectoria ni comprometen el sentido general del avance.

En E:2, el recorrido adquiere una forma menos regular. La trayectoria se abre hacia distintas zonas del grafo y aparecen momentos de vacilación, especialmente en aquellos puntos donde el juego ofrece varias alternativas de movimiento. Las repeticiones señaladas en color naranja no llegan a generar bucles cerrados, pero sí evidencian instantes en los que el estudiante necesita revisar su posición antes de continuar. A pesar de ello, no queda atrapado en estas zonas: logra retomar el recorrido y seguir avanzando. Este comportamiento sugiere una memoria de trabajo que se ve exigida en ciertos tramos, pero que conserva la información clave necesaria para evaluar opciones, mantener la referencia espacial y redirigir la acción sin perder completamente el rumbo.

El patrón observado en E:3 es notablemente más fluido. La trayectoria amarilla se conserva casi sin interrupciones y se desplaza de manera consistente por la periferia del grafo, evitando el área central. Apenas se registran repeticiones, y las pocas correcciones que aparecen no alteran la continuidad del recorrido. Este tipo de desplazamiento es indicativo de un funcionamiento más sólido de la memoria de trabajo, en el que el plan de acción se mantiene activo y las alternativas disponibles no generan distracción ni desvíos innecesarios. No se observan señales claras de sobrecarga cognitiva ni períodos prolongados de indecisión, sino una ejecución sostenida, con buen control atencional y una organización eficaz de la secuencia de movimientos.

Al comparar E:1 y E:2, se observa que ambos estudiantes conservan una orientación general hacia la periferia del grafo, pero lo hacen con distintos niveles de estabilidad. En E:1, la trayectoria se mantiene más continua, con escasas interrupciones y sin retrocesos significativos. En E:2, en cambio, aparecen varios momentos en los que el estudiante vuelve sobre sus pasos, particularmente en zonas con mayor número de alternativas. Esto sugiere que, si bien ambos logran sostener la tarea, E:1 parece manejar con mayor consistencia la información necesaria en la memoria de trabajo, mientras que E:2 enfrenta momentos de duda que lo obligan a revisar decisiones previas antes de avanzar. No se trata de desorganización, sino de un mayor esfuerzo por actualizar y sostener la secuencia de acciones.

La comparación entre E:1 y E:3 pone de manifiesto diferencias principalmente en el grado de fluidez del recorrido. E:1 avanza de forma estable, pero introduce pequeñas

correcciones que indican un proceso constante de verificación. E:3, por el contrario, mantiene una continuidad más marcada, con escasas repeticiones y sin titubeos visibles en la dirección del avance, lo que refuerza la idea de un control más firme del recorrido y de la información necesaria para sostenerlo.

Esto es típico de alguien que tiene muy activa la meta y que logra sostenerla sin esfuerzo aparente, lo que reduce la necesidad de revisar o ajustar decisiones. Mientras el E:1 mantiene un buen nivel de control cognitivo, E: 3 evidencia una memoria de trabajo que opera con mayor eficiencia, permitiéndole filtrar opciones irrelevantes y mantener el foco sin dispersarse.

Por otro lado, E: 2 y E: 3 la diferencia es más evidente. El Estudiante 2 mantiene una trayectoria ordenada, pero muestra varias zonas donde regresa a un punto previo, lo que sugiere que en ciertos nodos la carga de opciones momentáneamente sobrepasó su capacidad para retener todos los elementos en juego. E: 3, en cambio, recorre el grafo con una firmeza, no se desvía, no repite tramos de forma significativa. Este contraste sugiere que E:3 sostiene la información en la memoria de trabajo con más estabilidad, mientras que E:2 necesita reorientarse en varios momentos para mantener la coherencia de la tarea. Aunque ninguno muestra signos de descontrol o saturación, sí se observa una diferencia clara en la forma de organizar y ejecutar la secuencia de decisiones.

Conclusión y discusión

Los resultados permiten afirmar que la lectura de la memoria de trabajo a través de trayectorias de solución del juego La Escalera no solo aporta una aproximación descriptiva del desempeño de los niños, sino que revela mecanismos cognitivos que normalmente permanecen ocultos incluso en pruebas estandarizadas. La interacción entre ramificación, buclicidad y estabilidad de la ruta muestra que, frente a tareas de transformación como La Escalera, los niños CIL no presentan únicamente una menor eficiencia, sino un modo particular de aproximarse al problema, caracterizado por oscilaciones marcadas en la actualización de estados y una dependencia mayor de la retroalimentación inmediata. Este hallazgo sugiere que la vulnerabilidad de los subsistemas de la memoria de trabajo no se expresa únicamente en la cantidad de errores, sino en la forma específica en que el niño reorganiza su recorrido cuando la información se pierde temporalmente. En otras palabras, el grafo funciona como una huella de la dinámica interna del pensamiento, permitiendo observar cómo ciertos estudiantes reconstruyen o no la coherencia de sus acciones a medida que avanzan.

Además, los patrones encontrados abren una línea de investigación que trasciende la comparación entre grupos. La forma en que los niños sin diagnóstico modulan sus estrategias desde la exploración hasta la consolidación de recorridos estables muestra que la memoria de trabajo no opera como un recurso homogéneo, sino como un sistema que se reorganiza durante la tarea en función del contexto y de la carga cognitiva de cada punto crítico. Este comportamiento escalonado plantea la necesidad de estudiar no solo el rendimiento final, sino

la temporalidad de la resolución: cuándo aparece la desorientación, cuánto tarda cada niño en recuperar la secuencia y cómo la estructura del grafo condiciona el tipo de decisiones que cada participante privilegia. Desde esta perspectiva, los juegos matemáticos no son únicamente recursos didácticos, sino dispositivos de observación que permiten articular la planificación, la memoria visoespacial y las funciones ejecutivas en condiciones de complejidad controlada. Esto abre oportunidades para diseñar intervenciones más precisas que, en lugar de centrarse en la repetición de tareas, fortalezcan directamente la estabilidad cognitiva y la capacidad de sostener trayectorias coherentes dentro de espacios de decisión ramificados.

Referencias

- Amador-Saelices, M. V., & Montejo-Gómez, J. (2016). Una trayectoria hipotética de aprendizaje para las expresiones algebraicas basada en análisis de errores. *Revista Épsilon*, 33(93), 7–30.
- Anderson, J. R. (2000). *Cognitive psychology and its implications* (5th ed.). W. H. Freeman.
- Aranda, C., & Callejo, M. L. (2010). Diseño de una trayectoria hipotética de aprendizaje para la construcción del concepto de dependencia lineal. In *Investigación en educación matemática XIV* (pp. 199–210).
- Artigas-Pallarés, J. (2003). Perfiles cognitivos de la inteligencia límite. fronteras del retraso mental. *Rev Neurol*, 36(1), 161–167.
- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. In *Psychology of learning and motivation* (Vol. 2, pp. 89–195). Elsevier.
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417–423.
- Baddeley, A. (2017). *Exploring working memory: Selected works of Alan Baddeley*. Routledge.
- Bondy, J. A., & Murty, U. S. R. (2008). *Graph theory*. Springer.
- Carretero, M., & Asensio, M. (2014). *Psicología del pensamiento*. Alianza editorial.
- Cowan, N. (2016). *Working memory capacity*. Routledge.
- de Psiquiatría, A. E. (2001). *DSM IV-TR: Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales*. rev. Barcelona: Masson.
- Gathercole, S. E., & Baddeley, A. D. (1993). *Working memory and language*. Psychology Press.
- Grupo de Investigación DIDACTEC, D. (2024). Juegos matemáticos. <https://juegosmatematicos.online>. Recuperado de <https://juegosmatematicos.online>
- Hartman, E., Houwen, S., Scherder, E., & Visscher, C. (2010). On the relationship between motor performance and executive functioning in children with intellectual disabilities. *Journal of Intellectual Disability Research*, 54(5), 468–477.
- Jiménez Díaz, N. A., et al. (2015). Una trayectoria de aprendizaje de subitización en niños y niñas de educación inicial.
- León, O. L., Palomá, N. A., Jiménez, N., Guilombo, D. M., & González, S. P. (2018). Ambientes de aprendizaje de la forma y el número: diseños accesibles y trayectorias hipotéticas de aprendizaje. *RECME-Revista Colombiana de Matemática Educativa*, 3(2), 3–16.
- León, O. L., Saiz, M. L., Rojas, N., & Márquez, H. A. (2014). Referentes curriculares con incorporación de tecnologías para la formación del profesorado de matemáticas en y para la diversidad. Universidad Pedagógica Nacional de México.
- León Corredor, J. J., Páez Rodríguez, J. J., Palomá Barrera, N. A., & Romero Cruz, J. H. (2019). Integrating technology and didactic resources for enhancing learning processes: An exploratory study. En *Theory and practice: An interface or a great divide?* (pp. 318–323). WTM-Verlag.

- Liévano Chaparro, L. P., & Molina Monguía, R. R. (2022). Análisis de las trayectorias de aprendizaje del juego la escalera representadas en un grafo para comprender el proceso de abstracción reflexiva y la teoría de esquemas.
- Lockhart, R. S., & Craik, F. I. (1990). Levels of processing: A retrospective commentary on a framework for memory research. *Canadian Journal of Psychology/Revue canadienne de psychologie*, 44(1), 87.
- Martínez Cárdenas, E. A., et al. (2019). Juego y trayectorias de aprendizaje de la aritmética inicial en ambientes de aprendizaje que incluyen estudiantes en situación de discapacidad intelectual.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., & Howerter, A. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “Frontal Lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49–100.
- Molina, M. T. B., Melero, L. J. F., Castillo, J. L., & Cuerva, C. R. (2016). *Mente y cerebro: De la psicología experimental a la neurociencia cognitiva*. Alianza Editorial.
- Morales, B. C. (2018). Modelos de la memoria de trabajo de Baddeley y Cowan: una revisión bibliográfica comparativa. *Revista Chilena de Neuropsicología*, 13(1), 6–10.
- Newell, A., & Simon, H. A. (1972). *Human problem solving*. Prentice-Hall.
- Nicolopoulou, A. (1997). Worldmaking and identity formation in children’s narrative play. *Applied Developmental Science*, 1(4), 133–146.
- Padín, G. A. (2013). La memoria: concepto, funcionamiento y anomalías. *Cuadernos del Tomás*, 5, 177–190.
- Palomá Barrera, N. A., et al. (2018). Una trayectoria real del juego la escalera vinculada a hipótesis que potencian el aprendizaje de las funciones desde poblaciones diversas.
- Peltopuro, M., Ahonen, T., Kaartinen, J., Seppälä, H., & Närhi, V. (2014). Borderline intellectual functioning: a systematic literature review. *Intellectual and developmental disabilities*, 52(6), 419–443.
- Ramani, G. B., & Siegler, R. S. (2008). Promoting broad and stable improvements in low-income children’s numerical knowledge through playing number board games. *Child Development*, 79(2), 375–394.
- Rieber, L. P. (1996). Seriously considering play: Designing interactive learning environments based on the blending of microworlds, simulations, and games. *Educational Technology Research and Development*, 44(2), 43–58.
- Rodríguez Molina, L. F., et al. (2016). Trayectoria hipotética de aprendizaje: Aprendizaje de las operaciones suma y resta en aulas inclusivas con incorporación tecnológica.
- Russell, S. J., & Norvig, P. (2021). *Artificial intelligence: A modern approach* (4th ed.). Pearson.
- Schuchardt, K., Maehler, C., & Hasselhorn, M. (2011). Functional deficits in phonological working memory in children with intellectual disabilities. *Research in developmental disabilities*, 32(5), 1934–1940.
- Seah, R., & Horne, M. (2019). The construction and validation of a geometric reasoning test item to support the development of learning progression. *Mathematics Education Research Journal*, 1–22.
- Sternberg, R. J. (1980). *Reasoning, problem solving, and intelligence*. Canada Institute for Scientific and Technical Information.
- Tulving, E., et al. (1972). Episodic and semantic memory. In *Organization of memory*, 1(381-403), 1.
- Logie, R. H. (1995). *Visuo-spatial working memory*. Psychology Press.
- Cowan, N. (2016). *Working memory capacity*. Routledge.