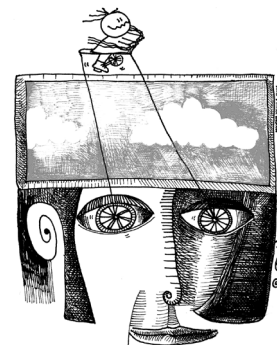


Objetos de aprendizaje y procesos cognitivos asociados a la resolución de problemas matemáticos

Learning objects and cognitive processes associated with solving mathematical problems

Investigación
arbitrada



Derwis Oswaldo Rivas Olivo¹
derivas@ula.ve
<https://orcid.org/0000-0002-8995-3822>
Teléfono: + 58 412-0719784

Beatriz Sandia Saldivia²
bsandia@ula.ve
<https://orcid.org/0000-0002-5244-9067>
Teléfono: + 58 424-750634

Universidad de Los Andes
Facultad de Ingeniería

¹Departamento de Cálculo

²Departamento de Ciencias Aplicadas y Humanísticas

Mérida, estado Bolivariano de Mérida
República Bolivariana de Venezuela

Recepción/Received: 29/01/2025
Arbitraje/Sent to peers: 29/01/2025
Aprobación/Approved: 20/02/2025
Publicado/Published: 01/05/2025

Resumen

En el tema referido al impacto de la tecnología en la educación los objetos de aprendizaje han recibido gran atención. Sin embargo, la mayor parte de esta atención se ha orientado a sus cualidades “ilities”, ocasionando que la participación de tales recursos, como instrumentos para potenciar aprendizajes en entornos mediados por la tecnología, ocupe un segundo lugar. Este reporte presenta una revisión de los aspectos más significativos que inicialmente motivó el uso de objetos de aprendizaje para mediar procesos de enseñanza – aprendizaje, argumentando que existen aspectos inherentes al contexto pedagógico que aún no han sido considerados y que podrían posicionar a los objetos de aprendizaje como medios de expresión capaces de provocar cambios en la estructura cognitiva

Palabras clave: Procesos cognitivos, objetos de aprendizaje, problemas de álgebra con narración, análisis de protocolos verbales, análisis de comparación constante.

Abstrac

Illustrate how people change their logical reasoning to carry out a mathematical problem solution it's a very interesting issue. It should be noted that, explore this behavior on people achieve multicolored nuances when learning objects are involved. Therefore, the current investigation focused on figure out the cognitive processes in order to solve mathematical and algebraic problems using narration as a mediating element in the content. The research follows a qualitative and interpretive design and used the analysis of verbal protocols and constant comparison analysis as research methodology.

Keywords: Cognitive processes, learning objects, algebra problems with narration, analysis of verbal protocols, analysis of constant comparison.

Introducción

En esta investigación, se empleó un objeto de aprendizaje para ofrecer al estudiante un contenido matemático, bajo un ambiente auto-instructivo mediado por un ordenador, con el propósito de comprender los procesos cognitivos asociados a la resolución de problemas de álgebra con narración. A razón de ello, el contenido matemático en el objeto de aprendizaje trata sobre ecuaciones lineales y su aplicación en el modelado de situaciones reales. Este objeto se creó en el marco de la metodología OAULA (Sandia, Pérez y Rivas, 2019), su diseño y análisis se sustentó en algunos principios de la teoría de la carga cognitiva, y la teoría cognitiva del aprendizaje multimedia (Rivas y Sandia, 2024). En el presente reporte, este objeto se identifica con el acrónimo OAEL que significa Objeto de Aprendizaje Ecuaciones Lineales.

Desde el punto de vista metodológico, la comprensión de los procesos cognitivos emergentes, al momento de emplear el OAEL, se llevó a cabo siguiendo el análisis de protocolos verbales propuesto por Ericcson y Simon (1993). Este análisis se basa en diversos tipos y niveles de verbalización, los cuales, constituyen técnicas e instrumentos de recolección de información. En tal sentido, se sigue paso a paso cada una de las indicaciones formuladas por Ericcson y Simon que aseguran un producto con garantías de lograr un análisis de protocolo válido y confiable. En lo que respecta al procesamiento y análisis de la información, se inicia con un conjunto de categorías y esquema de codificación para luego, a través de un proceso identificado en tres pasos: transcripción, segmentación y codificación, llevar a cabo el procesamiento de la información enmarcado en el análisis de comparación constante (Glaser y Strauss, 1967).

Consecuentemente, los hallazgos que este análisis provee, a raíz de la saturación de información, permitió contrastar con las categorías iniciales, comprobar la reafirmación de las mismas y establecer nuevas categorías. A la luz de los resultados, se evidenció la presencia de acciones cognitivas que dieron lugar a la construcción de diversos esquemas lógicos, a través de las cuales, fue posible comprender la presencia de un conjunto de procesos cognitivos que contribuyen en la configuración de una estructura cognitiva acorde a la resolución de problemas de álgebra con narración.

Marco Teórico

Esta investigación se enmarcó en los siguientes conceptos: a) Objeto de Aprendizaje Ecuaciones Lineales (OAEL). b) Procesos cognitivos inherentes al procesamiento de información proveniente de recursos multimedia. c) Procesos cognitivos y problemas de álgebra con narración. d) Esquemas lógicos y estructura cognitiva. Se presenta a continuación los postulados más relevantes referidos a cada concepto.

Objeto de Aprendizaje Ecuaciones Lineales (OAEL)

En la investigación desarrollada por Rivas y Sandia (2024) los autores sustentan que el OAEL es un medio de expresión capaz de producir un lenguaje multimedia que promueve, consolida o potencia la formulación de esquemas cognitivos inherentes al contenido educativo que a través de ellos se profesa. Con base en la evidencia registrada, explican que la percepción, que inicialmente tienen los participantes, con relación al tema tratado en el OAEL, se va configurando gracias a un proceso de asimilación y adaptación en favor de ir identificando los aspectos más relevantes del contenido para luego orientarlos en la resolución de situaciones problematizadas presentes en el objeto de aprendizaje. En tal sentido, sostienen los autores, los esquemas cognitivos asociados a sus interpretaciones iniciales del tema se van reconfigurando para adecuarlos a formas de razonamiento que les permite obtener la solución del problema. Por lo tanto, el OAEL da lugar a un conjunto de acciones que inciden en la configuración perceptiva de las personas que lo emplean para estudiar contenido matemático, específicamente, resolver problemas de álgebra con narración.

Procesos cognitivos inherentes al procesamiento de información

La teoría de la carga cognitiva y la teoría cognitiva del aprendizaje multimedia refieren la presencia de un conjunto de procesos cognitivos al momento de procesar información proveniente de mensajes multimedia. Cada una, desde su punto de vista, explica la participación que cada uno de estos procesos tiene desde el momento que la persona recibe la información, en la memoria sensorial, hasta el momento que dicha información es organizada e integrada en la memoria a largo plazo.

Tanto desde la teoría de la carga cognitiva, como la teoría cognitiva del aprendizaje multimedia, la atención es el proceso cognitivo responsable de percibir los estímulos de forma separada en cada uno de los canales sensoriales (visual y auditivo). Esta acción ocurre en la memoria sensorial y de acuerdo a la teoría cognitiva del aprendizaje multimedia la atención consiste en seleccionar, de manera no arbitraria, palabras e imágenes relevantes que dan sentido al mensaje multimedia. Posteriormente, en la carga cognitiva relevante, ocurren tres procesos cognitivos que lideran, en la memoria de trabajo, la construcción de esquemas cognitivos. Estos procesos son organización, conexión e integración.

En un primer momento, la acción consiste en la elaboración de estructuras que obedecen a cadenas de causa y efecto. Estas elaboraciones devienen de las conexiones que la persona establece entre dos tipos de conocimientos, previamente elaborados, en cada canal respectivo: el conocimiento verbal y el conocimiento pictórico. El primer conocimiento, es el resultado de la organización de la base de palabras anteriormente seleccionadas, esta organización no ocurre de manera arbitraria, sino que atiende a una representación coherente de palabras (modelo verbal). El segundo conocimiento, es el resultado de la organización de la base de imágenes anteriormente seleccionadas, esta organización no ocurre de manera arbitraria, sino que atiende a una representación coherente de imágenes (modelo pictórico).

En el segundo momento, ocurre el proceso de integración. La acción consiste en integrar ambos tipos de conocimientos: verbal y pictórico, previamente elaborados, con el conocimiento previo alojado en la memoria a largo plazo. En este caso, los conocimientos previos coordinan el proceso de integración. En la teoría de la carga cognitiva la acción de traer de vuelta a la memoria de trabajo el conocimiento previo para participar en la elaboración de nuevos esquemas se llama recuperación y atribuye a esta tarea la participación de la carga cognitiva intrínseca. Al respecto, la teoría de la carga cognitiva o la teoría cognitiva del aprendizaje multimedia sostienen que la elaboración de esquemas lógicos o estructuras cognitivas ocurre en la memoria de trabajo, la cual tiene una capacidad limitada para procesar información. Por esta razón, la teoría de la carga cognitiva recomienda poner atención a no sobrecargar la carga cognitiva relevante, coparticipe en la construcción de esquemas o estructuras. Luego de la elaboración de esquemas o estructuras, la siguiente acción, según la teoría de la carga cognitiva, es la codificación. Entendida esta acción, como el proceso cognitivo de representar la información en la memoria a largo plazo en su correspondiente categoría, de tal manera que sea fácilmente recordado. La **Fig.1** brinda una visualización de la participación de los procesos cognitivos inherentes al procesamiento de información proveniente de recursos multimedia.

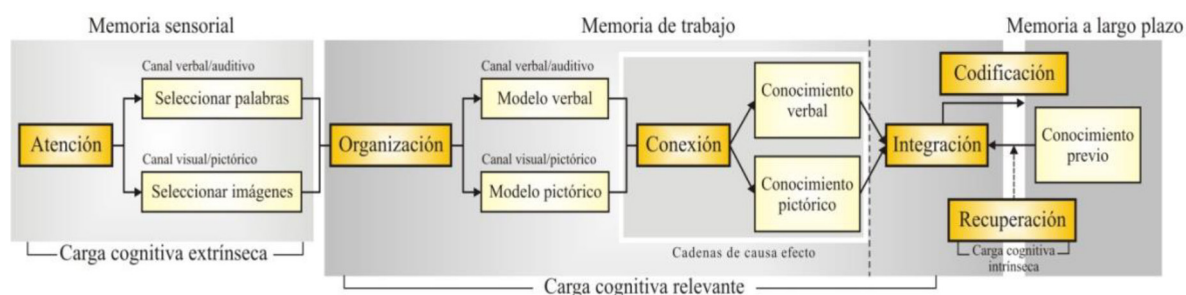


Fig. 1. Procesos cognitivos que participan en el procesamiento de información proveniente de recursos multimedia.

Tanto para la teoría de la carga cognitiva, como para la teoría del aprendizaje multimedia los procesos cognitivos, responsables del procesamiento de información proveniente de recursos multimedia, son acciones encargadas de transportar la información de una memoria a otra, como también, tienen la responsabilidad de transformar la información en cada canal o memoria respectiva. En esta investigación, los procesos cognitivos inherentes al procesamiento de información proveniente de recursos multimedia están en correspondencia con los procesos cognitivos asociados a la resolución de problemas de álgebra con narración, por esta razón, en el siguiente segmento se atiende a la relación que existe entre los procesos cognitivos y los problemas de álgebra con narración.

Procesos cognitivos y problemas de álgebra con narración

Los problemas matemáticos de álgebra con narración, también conocidos como problemas matemáticos algebraicos verbales (Puig y Cerdán, 1990; Arteaga y Guzmán, 2005), son enunciados en forma verbal o escrita que describen una situación que amerita ser atendida. Este tipo de problemas requiere para su solución plantear un modelo matemático. En esta investigación, los participantes atendieron a los siguientes problemas de álgebra con narración:

a. **Problema 1 (situaciones de agregar – quitar cantidades)**

Juan intrigado por saber lo que se siente ir a un Casino, decide asistir a uno y lleva consigo cierta cantidad de dinero. En la primera apuesta pierde Bs. 20.000. Un amigo le aconseja que juegue al Black Jack y pierde dos tercios de lo que le quedaba. Al ver que no ganaba, decidió retirarse del Casino y al revisar sus bolsillos constató que sólo le quedaron Bs. 10.000. Entonces, Juan se preguntó ¿Con cuánto dinero ingresé al Casino?

b. **Problema 2 (problemas con edades de personas)**

En cierta ocasión María Laura, María Eugenia y María Cristina se encontraban esperando la hora para ingresar al cine. Con tal de matar el tiempo, a María Laura se le ocurrió lo siguiente: yo tengo dos años más que María Eugenia y a la vez María Cristina es menor que María Eugenia por dos años. Si además, la edad de María Eugenia se suma con la edad de María Cristina excede en 12 años a los siete octavos de mi edad. Entonces ofrezco como premio un cono súper gigante de cotufas a quien logre descubrir mi edad.

c. **Problema 3 (problemas con números enteros)**

Hallar dos números enteros consecutivos tales que el menor exceda en 81 a la diferencia entre los $\frac{3}{4}$ del menor y los $\frac{2}{5}$ del mayor.

Mayer (1986) y Bundy (1975) sostienen que una persona requiere, para resolver problemas de álgebra con narración, cinco tipos de conocimientos: (a) Conocimiento lingüístico. (b) Conocimiento semántico. (c) Conocimiento esquemático. (d) Conocimiento operativo. (e) Conocimiento estratégico. En lo que respecta a los procesos cognitivos, Mayer (1986) explica que los cinco conocimientos cooperan con los procesos cognitivos comprensión e interpretación de la siguiente manera. En un primer paso, la comprensión, imbricado en los conocimientos lingüístico, semántico y esquemático, consiste en traducir las palabras que describen el problema a una representación interna que va desde las frases u oraciones del problema narrado hasta una expresión algebraica. Consecuentemente, la interpretación, expresado en la forma como la persona concibe el problema, bajo la acción del conocimiento semántico, procura una representación externa del problema reuniendo en forma coherente las variables para formular una ecuación. En un segundo paso, se ponen en juego los conocimientos operativo y estratégico para aplicar las reglas del álgebra y de la aritmética a la representación externa con el objeto de pasar de la ecuación al valor numérico del dato desconocido. Bundy (1975) evidenció, en este segundo paso la presencia de tres procesos cognitivos básicos: atracción, reunión y aislamiento.

Esquemas lógicos y estructura cognitiva

Bartlett (1932) define esquema lógico como “una organización activa de reacciones pasadas que siempre debe ser supuesto como operativo en cualquier respuesta orgánica bien adaptada” (Citado por Mayer, 1986; p. 92). Por lo tanto, para Bartlett (1932) el concepto de esquema lógico se relaciona con la idea de la experiencia pasada apropiada a la búsqueda del encuadre que la persona protagoniza en concordancia con las condiciones

externas de la situación que requiere ser atendida. Así, por ejemplo, una persona logra, debido a su experiencia pasada, construir un esquema lógico conceptual que le permite distinguir entre dos tipos de objetos pertenecientes a una misma clase: distinguir una ecuación lineal de una ecuación cuadrática. Como también logra un esquema lógico algorítmico que le ayuda a resolver problemas mediante la aplicación de reglas o técnicas: resolver una ecuación lineal.

Esta dualidad, en la elaboración de esquemas, da lugar a lo que la teoría del significado estableció como dos tipos de estructuras cognitivas: (a) una estructura que se deviene como resultado de conceptos provenientes de experiencias pasadas, referida por Ausubel (1968) como conocimiento con significado; (b) una estructura constituida por fórmulas mecánicas o reglas para operar sobre conceptos, Ausubel (1968) se refiere a ella como conocimiento mecánico.

Con relación a esta dualidad, Mayer y Greeno (1972) demostraron que es posible instruir un mismo concepto empleando al menos dos modos distintos de instrucción, y esperar que, en cada caso, la experiencia de aprendizaje conlleva a las personas a la aplicación de modelos, exitosos en uno pero deficientes en otros, durante la resolución de problemas relacionados al contenido tratado en la instrucción. Consideraron este descubrimiento a la luz de que los participantes habían asimilado los conceptos para la resolución de problemas a diferentes esquemas lógicos. Como consecuencia de ello, establecieron que la estructura cognitiva refiere a diferentes esquemas lógicos que emplea el sujeto para atender a una situación determinada mediante la aplicación de conceptos. Desde este enfoque, la instrucción juega un papel fundamental en los modos de construir los esquemas lógicos.

De manera que, en esta investigación, el concepto de estructura cognitiva no distingue de la que deviene como resultado de conceptos provenientes de experiencias pasadas con la constituida por fórmulas mecánicas o reglas para operar sobre conceptos, ambas refieren a la conformación de esquemas lógicos destinados a atender situaciones distintas en condiciones distintas. Más precisamente, en esta investigación, estructura cognitiva refiere a distintos esquemas lógicos que emplea una persona para resolver problemas matemáticos de álgebra con narración en escenarios auto-instructivos mediados por un ordenador.

Metodología

La presente investigación es de tipo cualitativa a nivel descriptivo, para la recolección de información y su análisis se empleó el análisis de protocolos verbales y el análisis de comparación constante. El estudio se llevó a cabo en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes con la participación de un grupo de cinco estudiantes del primer semestre. En consecuencia, el grupo que conforma los participantes está formando por cinco personas con edades comprendidas entre los 17 y 19 años. La elección de los participantes obedece a un criterio de idoneidad, evidenciado en la disposición que tienen por estudiar contenido matemático y afinidad por la tecnología. El propósito de esta investigación es comprender el influjo de los procesos cognitivos, subyacentes a la tarea de resolver problemas de álgebra con narración, cuando la tarea esta mediada por un recurso tecnológico (el Objeto de Aprendizaje Ecuaciones Lineales). Se detalla a continuación, ciertos aspectos relevantes que explican y justifican la metodología.

Análisis de protocolos verbales

Teniendo en cuenta el propósito de esta investigación resalta el análisis de protocolos verbales como metodología de investigación. Al respecto, vale señalar que el análisis de protocolos verbales se fundamenta en el siguiente principio: el comportamiento de las personas, cuando ejecutan una actividad, puede ser explicado y comprendido si se analizan las verbalizaciones que realizan las personas en torno al desarrollo de la actividad. Por tanto, el análisis de protocolos verbales, se orienta en identificar los patrones, estructuras y contenidos del discurso, así como el significado de los mismos, en relación a la tarea que desempeña una persona. En aras de

garantizar un análisis de protocolo válido y confiable Ericcson y Simon (1993) recomiendan que el mismo se desarrolle siguiendo cuatro etapas: la verbalización, la transcripción, la codificación y el análisis de los códigos.

- Verbalización.** Consiste en pedir a las personas que verbalicen en voz alta sus pensamientos mientras realizan una tarea. La verbalización puede ser concurrente, cuando se realiza al momento del desarrollo de la tarea; o retrospectiva, cuando se realiza justo al término de la tarea. En esta investigación, se emplearon ambos tipos de verbalizaciones diferenciadas en tres niveles: las que se originan en relación a lo que se percibe (nivel 1), las que se devienen a consecuencia de lo que se recuerda (nivel 2) y las que son el resultado de lo que se piensa sobre lo que es percibido (nivel 3).
- Transcripción.** Consiste en la transcripción de la verbalización. La transcripción ayuda al investigador a identificar patrones o estructuras en el discurso, así como el significado del mismo. Con lo cual, la transcripción coadyuva a entender de mejor manera las razones que dan lugar a las acciones que provocan el comportamiento.
- Codificación.** Consiste en traducir a términos interpretativos cada uno de los segmentos del protocolo, este proceso se ejecuta atendiendo a dos tipos de codificación: sintética y múltiple. En aras de lograr una interpretación confiable, luego de transcribir la verbalización es segmentada para adjudicar a cada segmento un código de identificación, con lo cual, le permitirá al investigador establecer categorías y subcategorías para el análisis. Con relación a esta tarea, en esta investigación, se empleó un conjunto de categoría iniciales de análisis que devienen de las cinco etapas que desde el enfoque cognitivo un estudiante recorre cada vez que enfrenta la tarea de resolver un problema (Eggen y Cauchak, 2009).

Análisis de los códigos

Consiste, básicamente, en identificar las frecuencias de aparición de las categorías con el fin de establecer conductas consistentes en las personas. Con relación al análisis de los códigos, en esta investigación, se aplicó el análisis de comparación constante propuesto por Glaser y Strauss (1967).

La siguiente figura ofrece una visualización del camino metodológico empleado en esta investigación basada en el análisis de protocolos verbales.

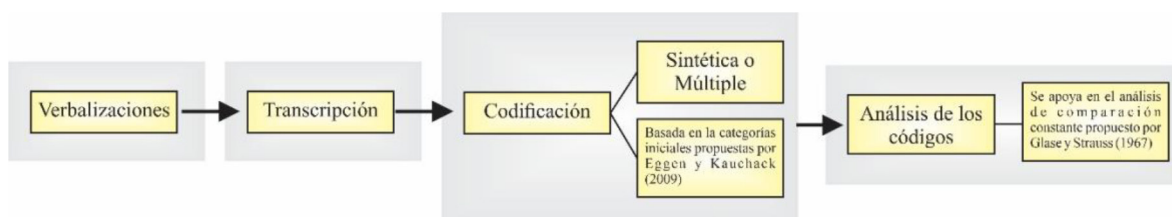


Fig. 2. Camino metodológico basado en el análisis de protocolos verbales

Análisis de comparación constante

Se aplica para analizar los códigos que se obtienen en el análisis de protocolos verbales, por lo tanto se llevó a cabo en la cuarta fase de la metodología. El análisis de comparación constante consiste en recopilar y analizar datos cualitativos para compararlos de manera constante en aras de identificar patrones, relaciones y tendencias. Este proceso no sólo involucra la comparación entre datos, también implica comparar los datos recopilados con el material teórico existente. El análisis de comparación constante es muy útil para identificar patrones en los datos cualitativos y para desarrollar teorías cualitativas. Glaser y Strauss (1967) explican que, desde el punto de vista metodológico, el análisis de comparación contante se desarrolla en cuatro fases:

- Fase 1: Comparar incidentes aplicables a cada categoría.** Se comparan los incidentes obtenidos con las propiedades que define a cada categoría para ver si los incidentes se relacionan con esas propiedades. Con

lo cual, advierte la posible presencia de nuevas categorías y su relación con las ya establecidas, o corrobora que en efecto los incidentes encajan en categorías existentes, o desestima categorías preestablecidas que no guardan relación con los incidentes obtenidos.

- b. **Fase 2: Integrar categorías y sus propiedades.** Se integran categorías y propiedades con el objeto de comprender la estructura y el significado de los datos obtenidos. Por lo que su propósito es buscar patrones, relaciones y conexiones entre incidentes, categorías y propiedades. Por lo tanto, en esta fase se construyen relaciones y asociaciones independientemente del orden de ocurrencia y continuidad de eventos y categorías en el proceso analizado.
- c. **Fase 3: Delimitar la teoría.** A medida que la comparación avanza los incidentes, categorías y propiedades se van delimitando por lo que los elementos disruptivos van disminuyendo y las modificaciones subsecuentes operan en función de esclarecer la lógica, extraer propiedades irrelevantes e integrar en el sistema de categorías preestablecido nuevas categorías. Como resultado de este proceso, se evidencia la saturación teórica. Los incidentes, categorías emergentes y propiedades delimitan, desde el punto de vista teórico, lo que se puede decir sobre ellos y sus relaciones.
- d. **Fase 4: Escribir la teoría.** Consiste en elaborar una explicación del significado de los resultados obtenidos como consecuencia de la delimitación y saturación de categorías. Esto implica un proceso de reflexión en el que se exploran las relaciones entre los conceptos clave y se evalúan los patrones y tendencias observados. En esta fase, se establece un marco teórico que permite explicar razonablemente el tema estudiado brindando una alternativa para quienes decidan investigar eventos similares.

En lo que respecta al presente trabajo, la fase 1 del análisis de comparación constante se desarrolló por medio de la implementación de tres ciclos internos, correspondiente a cada situación problematizada que involucra la resolución de un problema específico de álgebra con narración. En cada ciclo, los participantes resolvieron el mismo problema. Por lo tanto, cada ciclo interno proveyó información relativa a cada participante y en la medida que las categorías se saturaron en la misma persona disminuyeron sus registros de obtención de categorías y sus relaciones. Tomando en consideración los resultados del análisis, en cada uno de los ciclos internos, se inició la aplicación del ciclo externo. La información que se iba obteniendo, en cada ciclo interno, se comparó con el resto de los participantes manteniendo de esta manera un análisis comparativo constante con los otros participantes. Este proceso constituyó la fase 2 del análisis de los códigos y al igual que en el ciclo interno, obedeció también a un proceso iterativo, esta vez, entre participantes para ir integrando categorías y construir relaciones y asociaciones. En aras de lograr una mejor comprensión de cómo se llevó a cabo este proceso de análisis en las fases 1 y 2 se ofrece la siguiente figura.

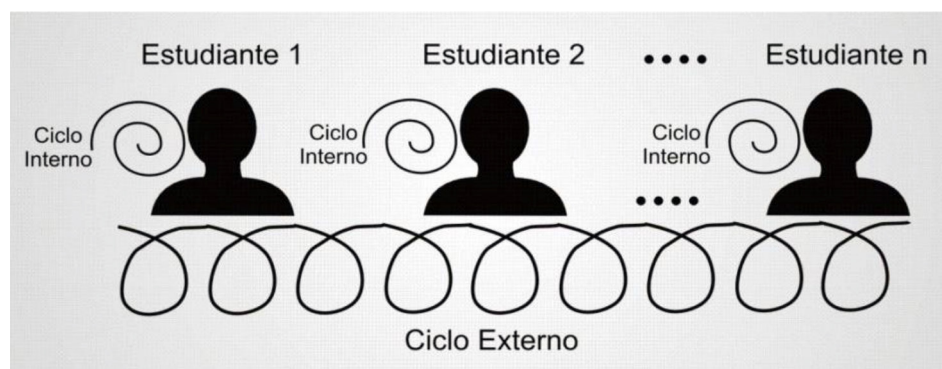


Fig. 3. Ciclos de análisis en el marco de las fases 1 y 2.

Posteriormente, a partir de los resultados obtenidos en las dos fases previas, se aplicó la fase 3. En esta fase, el análisis se orientó en la elaboración de modelos basados en la integración de las nuevas categorías y las inicialmente consideradas. Finalmente, concluyó la fase 4 con la elaboración de un modelo que permitió explicar los

procesos cognitivos incidentes en la resolución de problemas de álgebra con narración. En la siguiente figura se ofrece una visualización del análisis de comparación constante aplicado en esta investigación.

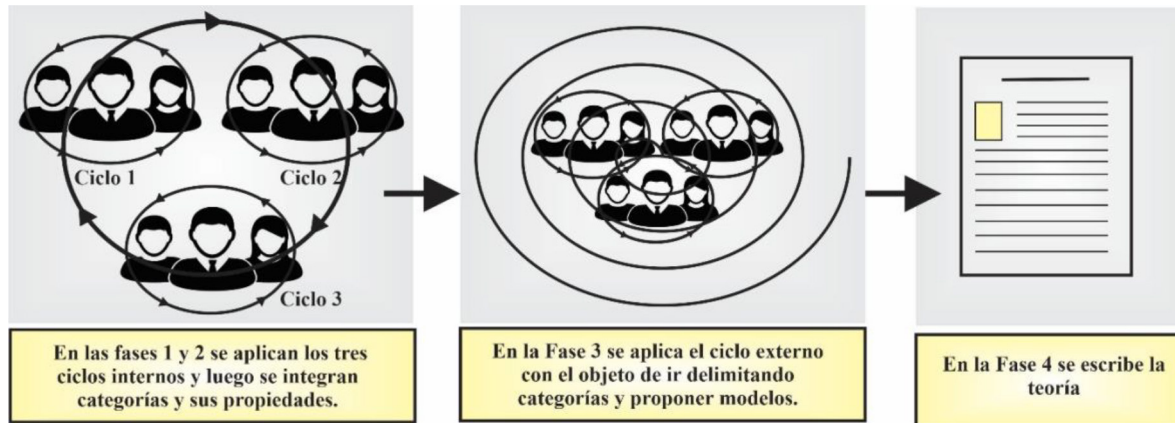


Fig. 4. Las fases del análisis de comparación constante.

Sistema de categoría inicial de análisis

El sistema de categorías inicial de análisis se deviene como consecuencia de las cinco etapas que Eggen y Cauchak (2009) señalan, desde el enfoque cognitivo, un estudiante recorre cada vez que enfrenta la tarea de resolver un problema. Estas etapas son:

- Identificar el problema.** En esta etapa se ponen en juego las siguientes acciones: el estudiante atiende a nuevas características o propiedades presentes en el problema, identifica los elementos que definen el problema, distingue entre variables y parámetros, establece relaciones causales entre datos conocidos y desconocidos, relaciona las condiciones del problema con situaciones previamente estudiadas.
- Representar el problema.** En esta etapa la atención se orienta hacia aquello que pueda constituir una estrategia para la solución. Por lo tanto, se ponen en juego las siguientes acciones: elabora una representación gráfica aproximada del problema, emplea letras para indicar datos desconocidos, proyecta resultados, elabora una lista de datos conocidos y desconocidos, emplea analogías para imaginar posibles soluciones.
- Seleccionar una estrategia.** En esta etapa se ponen en juego las siguientes acciones: extrapola procedimientos aplicados en otras situaciones, expone más de un modo posible de llegar a la solución, compara o distingue entre distintos métodos de solución, explica razones que lo llevan a elegir un procedimiento de otro, combina procedimientos en un mismo problema, propone nuevos procedimientos.
- Aplicar la estrategia.** En esta etapa se ponen en juego las siguientes acciones: implementa el procedimiento paso a paso, describe el método aplicado como consecuencia de haberlo pensado previamente, emplea los datos del problema, ajusta el procedimiento a medida que encuentra resultados, reconoce la existencia de cada paso lógico que lo conduce a la solución.
- Evaluar los resultados.** En esta etapa se ponen en juego las siguientes acciones: otorga significados a los objetos matemáticos, el resultado en consecuencia de la aplicación de un procedimiento, explica consistencia entre lo proyectado y lo obtenido por lo que la solución tiene sentido y resuelve el problema, sostiene que un mismo procedimiento es aplicable a una gran variedad de problemas.

Las acciones en cada una de las etapas permiten elaborar el siguiente sistema de categorías inicial de análisis y el esquema de codificación, referidas en la siguiente tabla.

Tabla 1. Categorías iniciales de análisis y esquema de codificación

CATEGORÍA	SUB-CATEGORÍA	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
Atención al problema	Identificar	li	Identifica los elementos que definen el problema
		ld	Identifica la variable del problema
	Relacionar	Re	Establece relaciones causales entre los datos conocidos y desconocidos
		Rr	Relaciona las condiciones que definen el problema con situaciones previamente estudiadas
	Buscar	Ba	Atiende a nuevas características o propiedades presentes en el problema
		Bap	Aprovecha los efectos motivadores de la curiosidad y el desafío
Representación del problema	Rememorar	Ru	Utiliza conocimientos previos
		Rp	Proyecta resultados antes que modelar el problema
		Rem	Emplea analogías para imaginar posibles soluciones
	Reificar	Rel	Elabora una aproximación gráfica del problema
		Remp	Emplea letras para indicar datos desconocidos
		Rm	Modela el problema por medio de una ecuación
	Explicar	Ee	Elabora una lista de datos conocidos y desconocidos
		Eb	Brinda explicaciones en la forma en que los datos se asemejan o diferencian el problema actual con otros problemas
Selección de la estrategia	Generalizar	Ge	Extrapolando procedimientos aplicados en situaciones similares
		Gp	Propone nuevos procedimientos
		Gev	Evoca conocimientos previos
	Diferenciar	Dc	Compara o distingue entre distintos métodos de solución
		De	Explica razones que lo llevan a elegir un procedimiento de otro.
	Combinar	Ce	Expone más de un modo posible de llegar a la solución
		Cc	Combina procedimientos en un mismo problema
Aplicación de la estrategia	Aplicar	Ai	Implementa un procedimiento paso a paso
		Ae	Emplea los datos del problema
		Ap	Aplica los modelos elaborados
		Apl	Aplica procedimientos explicados
	Confirmar	Cd	El método aplicado es consecuencia de haberlo pensado previamente
	Rectificar	Ra	Ajusta el procedimiento a medida que obtiene resultados
	Comprobar	Cm	Los modelos construidos forman parte de la aplicación de la estrategia
		Cr	Reconoce la existencia de cada paso lógico que lo conduce a la solución
Evaluación de los resultados	Evaluar	Ec	Consistencia entre lo proyectado y lo obtenido
		Er	El resultado es consecuencia de la aplicación de un procedimiento
		Es	La solución tiene sentido y resuelve el problema
	Condensar	Cu	Un mismo procedimiento es aplicable en otros problemas
		Cl	Los modelos matemáticos establecen relaciones entre datos conocidos y desconocidos
	Interiorizar	Io	Otorga significados a los objetos matemáticos
		Ir	Las relaciones intersubjetivas entre variables y datos conocidos se transforman en relaciones intrasubjetivas
		Ic	Resolver ciertos problemas requieren de un modelo matemático

Fuente: Elaboración propia.

Técnicas e instrumentos de recolección y procesamiento de información

En esta investigación se obtienen dos tipos de registros: un registro oral y otro visual. El registro oral corresponde a las verbalizaciones que protagonizan los participantes durante el desarrollo de la tarea (informe oral concurrente) e inmediatamente después de finalizada la misma (informe oral retrospectivo). Cada tipo de verbalización se instruyó acorde a los niveles 1, 2 y 3. Con relación a ello, el análisis de protocolos verbales sostiene que es posible instruir a las personas a verbalizar sus pensamientos de cierta manera que no altere la secuencia y el contenido de aquello que median en la realización de una actividad. No obstante, en esta labor el investigador debe ser sumamente cauteloso para evitar dirigir la verbalización cuando la persona evoca su razonamiento. Por esta razón, se recomienda que la instrucción sea en términos generales, sin atención explícita a aspectos específicos.

El instrumento empleado para recoger los registros verbales es una grabadora de sonidos que se encuentra incorporada a cada dispositivo donde se alojó el OAEL. Los participantes, durante la manipulación del objeto de aprendizaje, usaron audífonos que a su vez tienen micrófonos. A través de los audífonos, los participantes captaron el audio de los videos y a través del micrófono se grabaron, en el disco duro de las computadoras, sus verbalizaciones.

En lo que respecta al registro visual, es necesario tener en cuenta que la manipulación del objeto de aprendizaje conlleva a movimientos o acciones sobre el monitor, que de algún modo, guardan relación con las verbalizaciones. En ese sentido, para obtener el registro visual, se empleó un software que permite capturar y guardar los movimientos que el participante realiza en el computador que son visualizados a través del monitor. Estos registros, brindaron un soporte de gran valor durante el procesamiento y análisis de la información.

A cada participante se le asignó la tarea de resolver tres problemas diferentes de álgebra con narración, a cada proceso de resolución, se identificó como Ciclo. Por ende cada participante protagonizó tres Ciclos (C1, C2, C3). Cada informe oral, bien sea concurrente o retrospectivo, obtenido en cada uno de los ciclos, se segmentó en atención a las cinco etapas que de acuerdo a Eggen y Kauchak (2009) un estudiante lleva a cabo cuando resuelve un problema. En la siguiente tabla se especifica cada segmento en correspondencia con cada acción.

Tabla 2. Segmentación de los informes orales ocurridos en cada ciclo

Segmentos	Acciones que ejecuta un estudiante para resolver un problema
S1	Atención al problema
S2	Representación del problema
S3	Selección de la estrategia
S4	Aplicación de la estrategia
S5	Evaluación de los resultados

Fuente: Elaboración propia.

A modo de ilustrar la recolección y procesamiento de información, en cada uno de los ciclos se ofrece la siguiente figura.

Finalmente, siguiendo la metodología establecida en el análisis de protocolos verbales, una vez que los informes orales se han transcrito, segmentado y codificado se deviene el proceso de análisis, este proceso se llevó a cabo mediante el análisis de comparación constante.

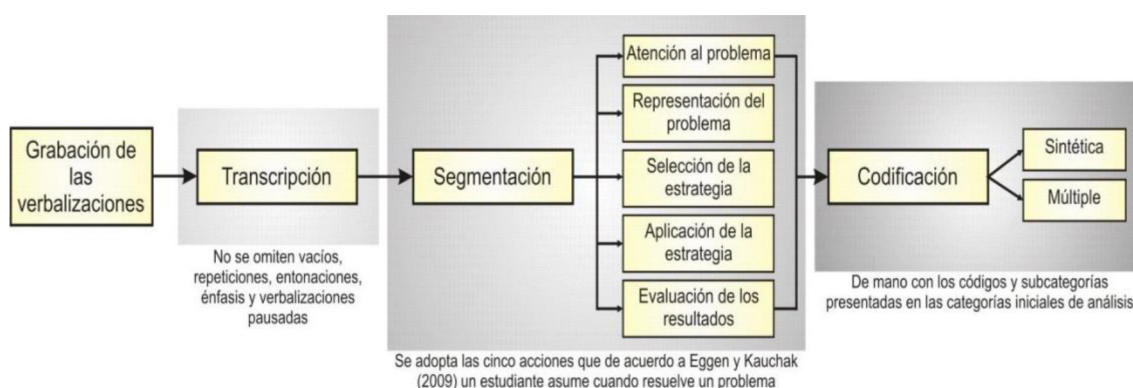


Fig. 5. Procedimiento empleado en el procesamiento de la información

Resultados

Un aspecto significativo a referir, evidenciado en el proceso de investigación, es la cualidad que deben tener los participantes para verbalizar al momento de desempeñar una actividad. Lamentablemente dos, de los cinco participantes, protagonizaron procesos de verbalización incipientes, ilegibles, de los cuales no hubo manera de obtener unidades de análisis para llevar a cabo el análisis de protocolos verbales. A consecuencia de ello, los resultados que se presentan a continuación se obtuvieron de las verbalizaciones de tres participantes.

Cada participante (identificados como P1, P2, P3) protagonizó tres ciclos internos (C1, C2, C3) correspondientes a tres situaciones problematizadas en contextos diferentes. A razón de ello, se obtuvieron 18 informes orales, 9 concurrentes y 9 retrospectivos. Estos informes constituyen los protocolos de resolución de problemas matemáticos de álgebra con narración y representan, en conjunto, aproximadamente, unas 7 horas de tiempo dedicado a la elaboración de los mismos. En la siguiente tabla se especifica la distribución del tiempo dedicado a cada ciclo, por cada participante, en correspondencia con la elaboración de cada informe oral.

Tabla 3. Tiempo empleado por los participantes en la elaboración de los protocolos

Participante	Tiempo empleado en los informes orales concurrentes (h:m:s).			Tiempo total (h:m:s)
	C1	C2	C3	
P1	00:45:13	00:39:15	00:32:12	1:56:12
P2	00:30:17	00:37:20	00:43:25	1:51:02
P3	00:38:40	00:42:20	00:35:15	1:55:15
Tiempo empleado en los informes orales retrospectivos (h:m:s)				
P1	00:12:06	00:10:14	00:13:30	00:35:50
P2	00:08:12	00:06:30	00:07:08	00:21:50
P3	00:10:16	00:11:13	00:08:11	00:29:40
Tiempo total de los protocolos de resolución de problemas 07:09:49				

Fuente: Elaboración propia.

Los protocolos de resolución de problemas de álgebra con narración se transcribieron, segmentaron y codificaron tal como se ilustró en la figura Fig. 5. A continuación, se presenta los resultados atendiendo a las cuatro fases del análisis de comparación constante.

Resultados de las fases 1 y 2 del análisis de comparación constante

La evidencia que se presenta a continuación corresponde al resultado que se devino de ir comparando incidentes entre los participantes, en cada uno de los ciclos. Por ende, los resultados se exponen en correspondencia con cada situación problematizada.

Situación problematizada agregar – quietar cantidades

En la siguiente figura se muestran las categorías evidenciadas durante el desarrollo del ciclo interno C1.

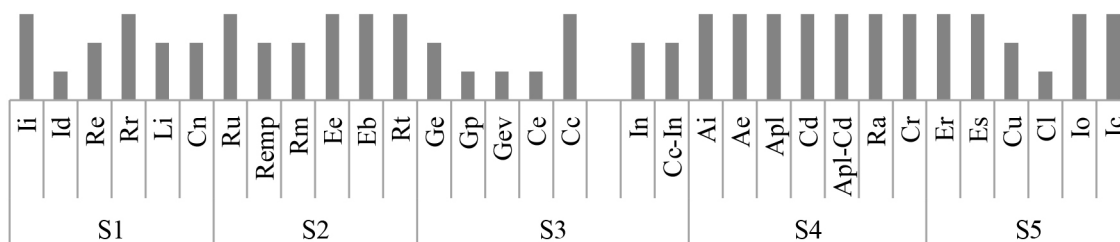


Fig. 6. Categorías evidenciadas en el ciclo C1

La evidencia señala que los participantes identifican los elementos que definen el problema: cantidades conocidas y desconocidas y sus relaciones causales. En ese accionar, elaboran una lista de datos y emplean letras para denotar los datos desconocidos. En la forma como desempeñan estas acciones, los conocimientos previos juegan un papel determinante, porque además de cooperar en brindar explicaciones en la forma cómo los datos identifican o diferencian el problema con otros, también participa, en la acción de retornar a lo concreto. Con respecto a esta acción, se observó conexión con la acción de establecer relaciones directas entre datos conocidos. No obstante, la acción de condicionar les permite corroborar que tales asociaciones no conducen a un resultado.

Por otro lado, la acción de retornar también brindó un espacio para que los participantes combinaran procedimientos y al hacerlo se evidenció dos formas de intentar plantear la ecuación. Una basada en integrar y combinar, mediante la extrapolación de procedimientos aplicados en situaciones similares, y otra basada, en la evocación de conocimientos previos, conduciendo la estrategia a más de un modo posible de llegar a la ecuación.

Se observó una especie de homogeneidad en las acciones ejecutadas por los participantes durante la aplicación de la estrategia y evaluación de los resultados. Esta homogeneidad sugiere que los participantes luego de tener a mano la ecuación continúan la resolución del problema de manera similar. Al respecto, los participantes expresan que la resolución de este tipo de problemas no es una tarea sencilla, debido a que la misma está sujeta a la formulación de una ecuación. Pero una vez, que la ecuación es conocida, encontrar la solución (despejar "x") no representa un reto.

Aunque no lograron plantear la ecuación, reconocieron la existencia del procedimiento lógico que conduce a su planteamiento, y además, brindaron explicaciones que develan la aplicación de métodos previamente aplicados, en combinación con acciones que confirman que parte de la ecuación es consecuencia de haberlo pensado previamente. Es decir, la ecuación no es de su autoría, pero lo aceptan como si lo fuera. Finalmente, luego de obtener el valor de "x" evalúan la solución y expresan conformidad con el resultado, es decir, el resultado es consecuencia de un procedimiento, por lo que el valor que obtienen de "x" tiene sentido y resuelve el problema. En la siguiente figura se muestran las acciones evidenciadas durante el desarrollo del ciclo interno C1.



Fig.7. Acciones evidenciadas en el ciclo interno C1.

Situación problematizada sobre edades de personas

En la siguiente figura se muestran las categorías evidenciadas durante el desarrollo del ciclo interno C2.

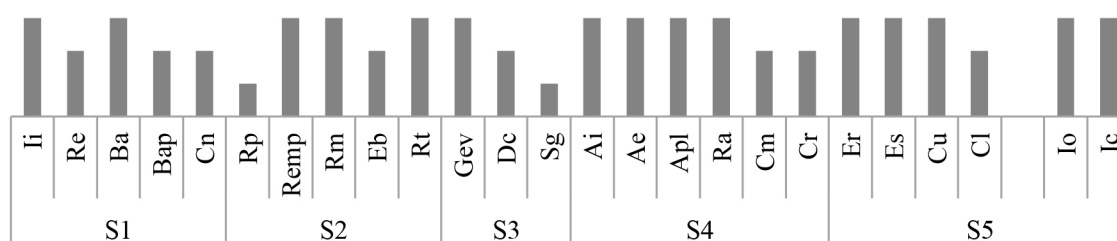


Fig. 8. Categorías evidenciadas en el ciclo C2

La evidencia sugiere que los participantes identifican los elementos que definen el problema: cantidades conocidas y desconocidas, pero no logran identificar la variable que determina la solución del problema. Sin embargo, la acción de establecer relaciones causales entre datos conocidos y desconocidos se evidencia en algunos participantes. En este contexto, la acción buscar da prioridad a la presencia de nuevas características o propiedades, y en cierta manera ocurre gracias al efecto que se observa en la motivación que se genera por conocer las edades de las personas. Aunque no logran indicar con precisión cual es la variable, hay evidencia del uso de letras para asociarlas a cantidades desconocidas y gracias a ello plantean modelos. Sin embargo, tales modelos están lejos del modelo que resuelve el problema.

Los participantes generalizan la manera de atender a este tipo de situaciones evocando conocimientos previos, básicamente en eso consiste la estrategia de solución que ellos implementan. Esta acción, se ejecuta en concordancia con la acción retornar a lo concreto. Se aprecia, al respecto, la presencia de una suerte de elemento regulador. La estrategia centrada en la evocación de conocimientos previos encuentra en la acción retornar

un elemento regulador que le advierte al participante si puede continuar avanzando con la solución o si es necesario regresar al punto anterior en donde todo tenía sentido para él.

Luego que los participantes conocen la ecuación o modelo que describe el problema, realizan las modificaciones para ajustar la ecuación obtenida a la ecuación que muestra la solución. Posteriormente, emplean los datos del problema y encuentran la solución implementando un procedimiento constituido por cuatro pasos. Aunque el modelo que emplearon no es el resultado de sus esfuerzos, reconocen que el mismo es gracias a la existencia de un procedimiento lógico que conduce a su planteamiento. Finalmente, después de obtener el valor de “x” evalúan la solución y expresan conformidad con el resultado. Aplican el resultado obtenido para responder la pregunta planteada en el problema. En la siguiente figura se muestran las acciones evidenciadas durante el desarrollo del ciclo interno C2.



Fig. 9. Acciones evidenciadas en el ciclo interno C2

Situación problematizada sobre números enteros

En la siguiente figura se muestran las categorías evidenciadas durante el desarrollo del ciclo interno C3.

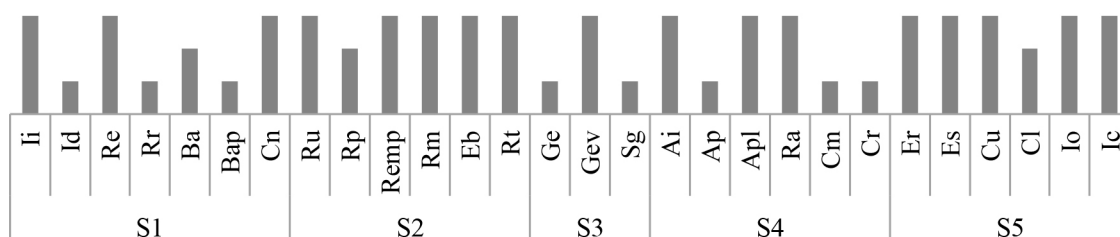


Fig. 10. Categorías evidenciadas en el ciclo C3

Durante la atención al problema, los participantes identifican los elementos que definen el problema: cantidades conocidas, desconocidas y lo que se desea obtener, acción que los conlleva a distinguir entre variables y cantidades fijas. En el desempeño de estas acciones, establecen relaciones causales entre datos conocidos y

desconocidos bajo un condicionamiento permanente de avanzar solo cuando están convencidos que el resultado que obtienen es correcto. A pesar de los esfuerzos por identificar la variable que define el problema, sólo uno de ellos logró establecerla correctamente.

Posteriormente, en la representación del problema, se basan en conocimientos previos para brindar explicaciones en la forma como los datos que definen el problema se identifica o diferencia con otros problemas. Asimismo, emplean letras para indicar cantidades desconocidas y esto los conlleva a modelar el problema por medio de una ecuación. La estrategia que seleccionan para resolver el problema se basa en la evocación de conocimientos previos y en la acción de retornar a lo concreto cada que vez que se encuentran en una situación de desconcierto. A pesar de sus esfuerzos los participantes no encuentran el modelo que conlleva a la solución. Este hecho, no impide que al ver la solución en el objeto de aprendizaje realicen los ajustes necesarios para adecuar la ecuación obtenida al modelo presente en la solución.

Finalmente, en la aplicación de la estrategia y evaluación de resultados, los participantes desarrollan un procedimiento paso a paso basado en aspectos previamente explicado por ellos, por lo que, al evaluar el resultado que obtienen, sostienen que el mismo es consecuencia de tales procedimientos. Esto los conlleva a considerar la solución como un resultado que se ajusta a lo esperado y que en efecto resuelve el problema De modo que otorgan significado a los objetos matemáticos. Concluyen asegurando que la metodología aplicada se puede repetir en situaciones similares, ya que sólo es posible encontrar el resultado a través de la ecuación que modela el problema, por lo que, confirman que estos problemas requieren de un modelo para obtener la solución. En la siguiente figura se muestran las acciones evidenciadas durante el desarrollo del ciclo interno



Fig. 11. Acciones evidenciadas en el ciclo interno C3

Resultados de la fase 3 del análisis de comparación constante.

Se exponen los resultados del análisis involucrando las tres situaciones problematizadas. Para ello, los resultados se presentan de acuerdo a cada una de las categorías: atención al problema, representación del problema, selección de la estrategia, aplicación de la estrategia y evaluación de los resultados.

Atención al problema

La frecuencia de las acciones evidenciadas en los participantes, en las tres situaciones problematizadas, durante la atención al problema, se muestran en la siguiente figura:

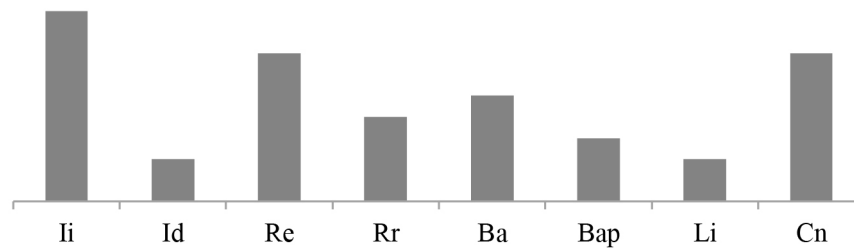


Fig. 12. Frecuencia de las acciones evidenciadas durante la atención al problema

Se observa una presencia dominante de las acciones Ii, Re y Cn seguidas de las acciones Ba, Rr y Bap que no distan significativamente de las dominantes. Este conjunto de acciones sugiere la existencia de una forma de actuar siempre común ante la tarea de resolver problemas de álgebra con narración. A la luz de estos resultados es posible proponer un modelo (Fig. 13) que ilustra los modos de participación de los estudiantes cuando al resolver un problema de álgebra con narración, mediado a través de un objeto de aprendizaje, atienden el problema.

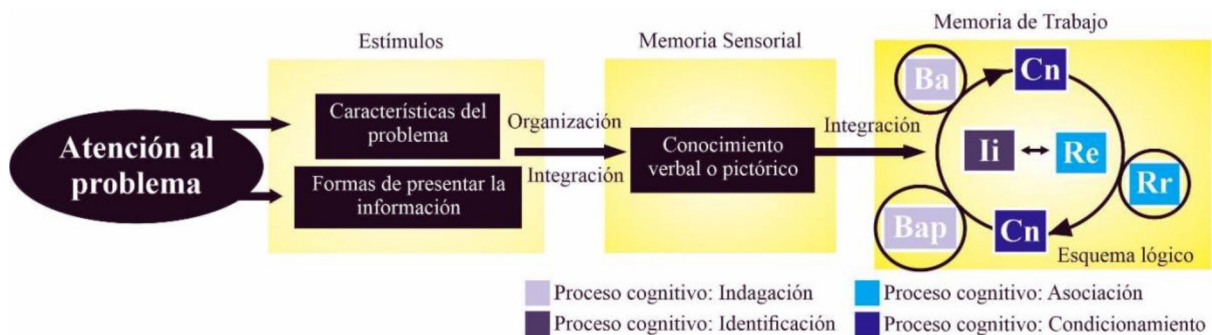


Fig. 13. Esquema atención

Durante la atención al problema los estímulos provenientes, bien por las características propias del problema, o bien por la forma como es presentada la información a través del objeto de aprendizaje, activa en la memoria sensorial de los participantes la construcción del conocimiento verbal o pictórico, bajo la acción de los procesos cognitivos organización e integración. Posteriormente ambos conocimientos son transportados gracias a un proceso de integración en la memoria de trabajo en donde participan en la construcción de los primeros esquemas lógicos que emplearon los participantes. En este caso, el esquema viene configurado por la acción de Ii (proceso cognitivo **identificación**) y Re (proceso cognitivo **asociación**), ambas acciones, dan lugar a la presencia de identificación y asociación como procesos cognitivos centrales, responsables directos de la construcción de dicho esquema.

Por su parte, las acciones Ba y Bap (proceso cognitivo **indagación**) en compañía de la acción Rr (proceso cognitivo **asociación**) dan lugar a los procesos indagación y asociación como procesos cognitivos orbitales que determinan, en buena medida, la manera en que los participantes van incorporando la nueva información. Los procesos centrales y orbitales se encuentran bajo la influencia de la acción Cn (proceso cognitivo **condicionamiento**), como elemento regulador: es decir, el avance en la solución está condicionado hasta no estar convencidos que lo obtenido es un resultado válido. Este esquema es, en efecto, una organización activa de reacciones que se vienen observando en las tres situaciones problematizadas que les ha permitido a los participantes avanzar en la solución del problema. Se identifica a este esquema lógico como Esquema Atención.

Representación del problema

La siguiente figura muestra la frecuencia en la que las acciones se evidenciaron en las tres situaciones problematizadas durante la representación del problema.

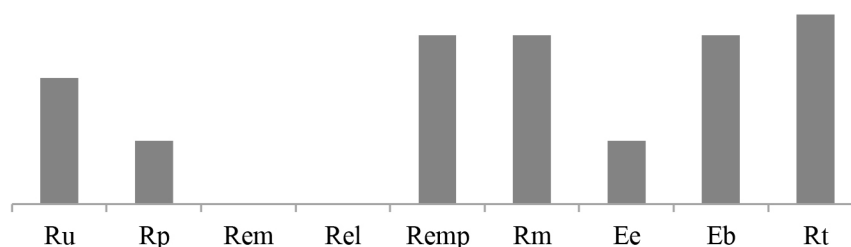


Fig. 14. Frecuencia de las acciones evidenciadas durante la representación del problema

Se observa una presencia dominante de las acciones Remp, Rm, Eb y Rt, seguida de la acción Ru que no dista significativamente de las acciones dominantes. Este conjunto de acciones dominantes, que los participantes protagonizan durante la representación de un problema de álgebra con narración, sugiere la existencia de una forma de actuar siempre común ante este tipo de situaciones. A la luz de estos resultados, es posible proponer un modelo (Fig. 15) que ilustra los modos de participación de los estudiantes cuando al resolver un problema de álgebra con narración, mediado a través de un objeto de aprendizaje, emplean los elementos que definen el problema para lograr una representación del mismo.

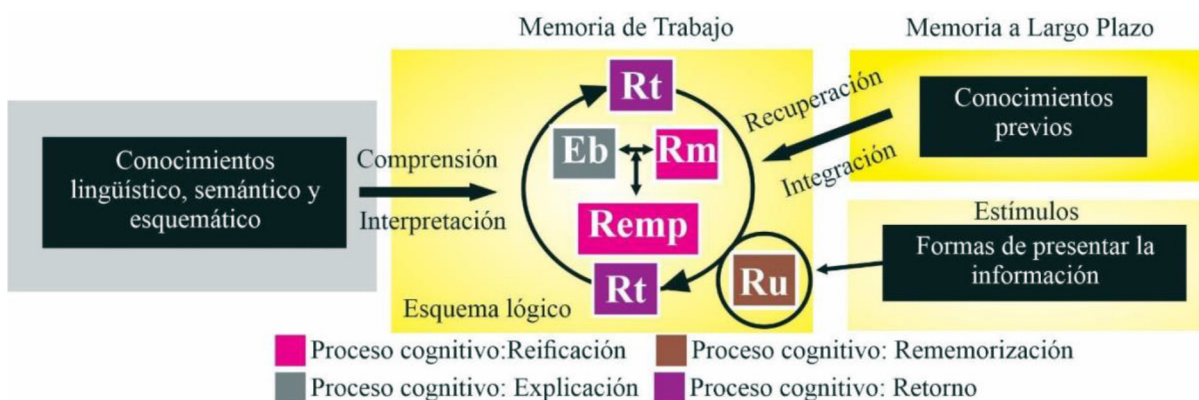


Fig. 15. Esquema Representación

Durante la representación del problema los conocimientos lingüístico, semántico y esquemático contribuyen a los procesos cognitivos comprensión e interpretación por lo que traducen, en la memoria de trabajo, las palabras que describen el problema a una representación interna, que en conjunción con los procesos cognitivos recuperación e integración encargados de traer los conocimiento previos, condicionados a las formas de presentar la información, configuran un esquema lógico que le permite a los participantes formular objetos matemáticos conducentes a la construcción de una ecuación. En este caso, el esquema viene configurado por las acciones Eb, Remp y Rm que dan lugar a los procesos **explicación** y **reificación** como procesos cognitivos centrales, responsables directos de la construcción de este esquema. Ambos procesos se encuentran bajo la influencia de la acción Rt (proceso cognitivo **retorno**), como elemento regulador. En este esquema, la acción Ru propicia la rememorización como un proceso cognitivo orbital que contribuye en la forma como los procesos recuperación e integración traen a la memoria de trabajo conocimientos previos. Este esquema se revela a los participantes como una organización activa de reacciones que les permite representar el problema. Se identifica a este esquema como Esquema Representación.

Selección de la estrategia

La preferencia en la selección de la estrategia, centrada en encontrar formas de generalizar la situación planteada, evocando conocimientos previos, se debe a la influencia que sobre la tarea impone este tipo de problemas. Previo a la manipulación del objeto de aprendizaje se les informó a los participantes que los problemas requieren plantear una ecuación o un modelo para obtener la solución. Por lo que la fluidez en la presencia de otras acciones se vio relegada a la primacía de emplear la información proveniente del problema para conducir la solución hacia la construcción del modelo. La Fig. 16 muestra la frecuencia de las acciones evidenciadas en los participantes, en donde se puede apreciar la presencia dominante de la acción Gev, seguida por las acciones Ge y Cc.

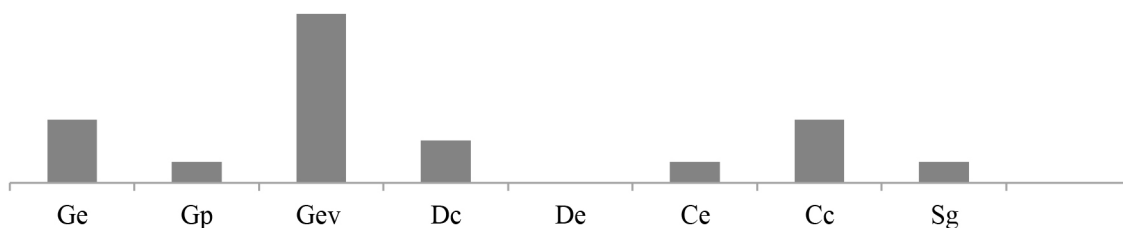


Fig. 16. Frecuencia de las acciones evidenciadas durante la selección de la estrategia

A la luz de estos resultados la selección de la estrategia, en este tipo de problemas, complementa las acciones que los participantes protagonizan para representar el problema. Por lo tanto, el modelo previamente establecido (Fig. 15) adosa un nuevo elemento que enmarca las acciones que en torno a la representación del problema se ejecutan. Este nuevo elemento viene configurado por las acciones Gev, Ge y Cc que dan lugar a los procesos cognitivos **generalización** y **combinación**. Ambos procesos, en conjunción con los procesos **reificación** y **explicación**, constituyen los procesos centrales en el nuevo esquema lógico, por lo que son los responsables directos de su configuración. Nuevamente, el proceso **retorno** actúa como regulador y **rememorización** participa como proceso orbital.

La Fig. 17 ofrece un modelo que ilustra lo reseñado anteriormente. Este esquema se revela a los participantes como una organización activa de reacciones que les permite avanzar en la solución del problema, se identifica a este esquema como Esquema Estrategia-representación.

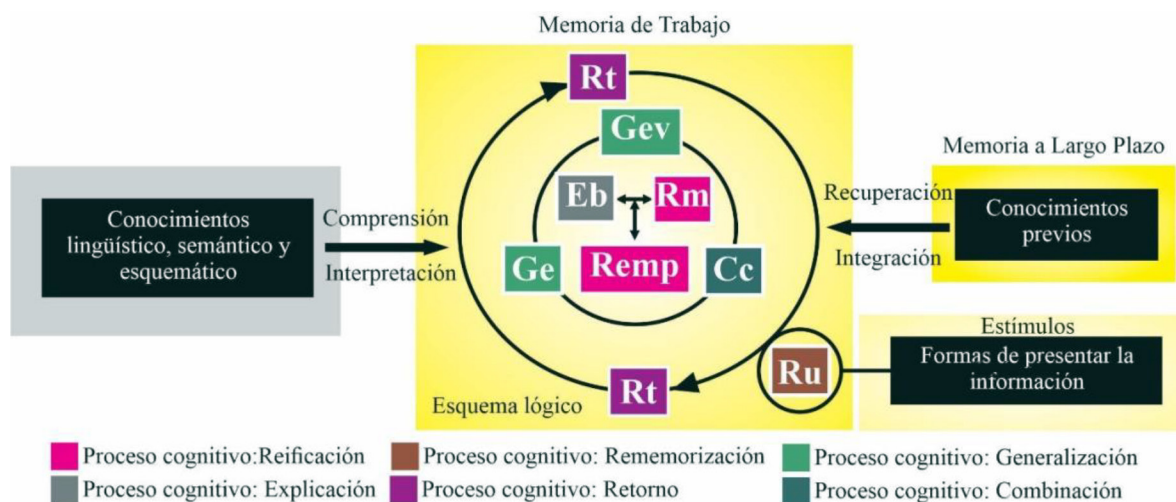


Fig. 17. Esquema Estrategia-representación

Aplicación de la estrategia

La siguiente figura muestra la frecuencia de las acciones evidenciadas en los participantes, en donde se puede apreciar mayor presencia en las acciones Ai, Apl y Ra, seguida de las acciones Cm y Cr.

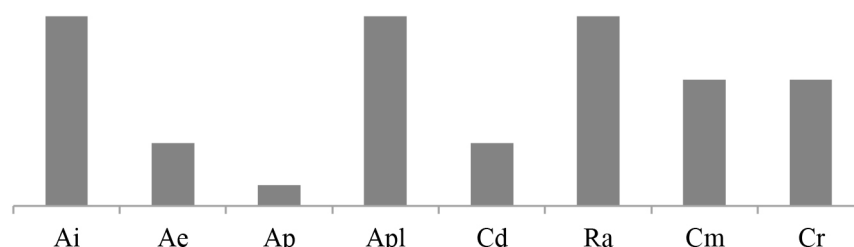


Fig. 18. Frecuencia de las acciones evidenciadas durante la aplicación de la estrategia

Esta presencia dominante de las acciones Ai, Apl, Ra, Cm y Cr, están asociadas al proceso de comprobación y resolución de la ecuación. La poca presencia de las acciones Ae, Ap y Cd se debe a que sólo uno de los participantes logra en el ciclo C3 reconocer la variable del problema y la emplea para plantear el modelo (Ae), con ello construye expresiones (modelos elaborados) y los aplica para formular la ecuación (Ap). En este caso, el modelo aplicado es consecuencia de haberlo pensado previamente (Cd).

La evidencia sugiere la existencia de una forma de actuar siempre común ante este tipo de situaciones. A la luz de estos resultados, es posible proponer un modelo (Fig. 19) que ilustra los modos de participación de los estudiantes cuando al resolver un problema de álgebra con narración, mediado a través de un objeto de aprendizaje, ejecutan un procedimiento paso a paso que los conlleva a la solución del problema.



Fig. 19. Esquema Aplicación

Durante la aplicación de la estrategia los participantes primero comprueban que el modelo construido es correcto. Consecuentemente, los conocimientos operáticos y estratégicos cooperan en los procesos cognitivos **descomposición**, **separación**, **reunión** y **aislamiento**, quienes le brindan a los participantes, en la memoria de trabajo, la aplicación de un procedimiento basado en cuatro pasos conducentes a obtener la solución. Por lo tanto, la acción dominante de los procesos **aplicación** y **comprobación**, se revelan como procesos cognitivos centrales y constituyen los procesos responsables de la configuración de un esquema durante la aplicación de la estrategia. No obstante, la acción de rectificar tanto el modelo o los resultados que van obteniendo a medida que avanzan durante el procedimiento paso a paso contribuyen a la presencia del proceso **rectificación** como un proceso regulador de los procesos centrales. No hay evidencia de acciones que den lugar a la presencia de procesos orbitales.

Las acciones evidenciadas, durante la aplicación de la estrategia, reveló que este esquema es, en efecto, una organización activa de reacciones que les permite, por un lado, comprobar la formulación del modelo que conduce a la solución y por otro lado, aplicar un procedimiento algorítmico que los conlleva a la solución. Se identifica a este esquema como Esquema de Aplicación.

Evaluación de los resultados

La siguiente figura muestra la frecuencia en la que las acciones se evidenciaron en las tres situaciones problematizadas durante la evaluación de resultados.

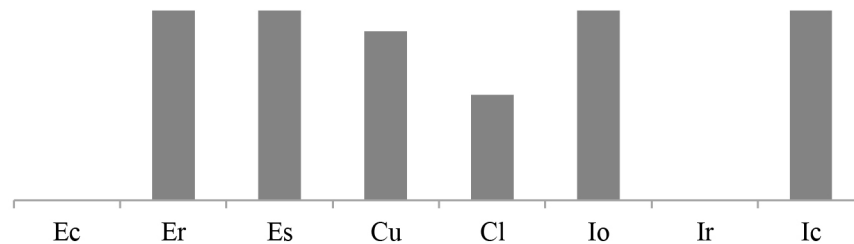


Fig. 20. Frecuencia de las acciones evidenciadas durante la evaluación de resultados

La presencia dominante de las acciones Er, Es, Io e Ic, seguida de la acción Cl, que no dista significativamente de las acciones dominantes, confiere la existencia de una forma de actuar siempre común ante este tipo de situaciones. Los participantes evalúan el resultado como consecuencia de la aplicación de un procedimiento (Er). Por esta razón, aceptan la solución no solo porque resuelve el problema, sino porque además tiene sentido para ellos (Es). Con igual presencia, se evidencia como los participantes otorgan significado a las expresiones matemáticas (Io) a la vez que sostienen que un problema de álgebra con narración requiere de la formulación de un modelo para poder resolverlo (Ic).

Aunque la acción Cl no se evidencia en igual magnitud, en comparación con los anteriores, es sabio reconocer su participación, más aún, cuando esta acción informa sobre la utilidad que los participantes otorgan a los modelos matemáticos. Al respecto expresan que los modelos matemáticos, haciendo referencia a los problemas anteriores, permiten plantear relaciones entre datos conocidos y desconocidos. A la luz de estos resultados, es posible proponer modelo (Fig. 21) que ilustra los modos de participación de los estudiantes cuando al resolver un problema de álgebra con narración, mediado a través de un objeto de aprendizaje, evalúan los resultados obtenidos.

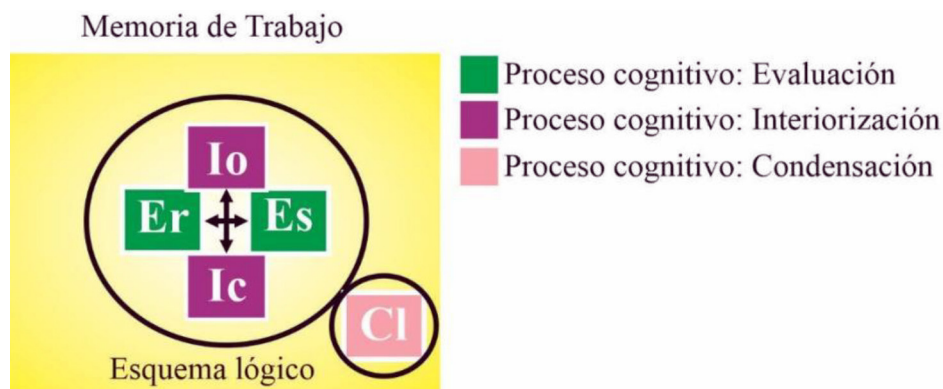


Fig. 21. Esquema Evaluación

Durante la evaluación de la estrategia las acciones Er y Es dan lugar al proceso cognitivo **evaluación**, mientras que las acciones Io e Ic propician el proceso cognitivo **interiorización**. Ambos procesos evaluación e interiorización se revelan como procesos cognitivos centrales, responsables directos de la configuración de un esquema que les permite a los participantes evaluar y valorar los resultados obtenidos. Aunado a estos procesos, el proceso cognitivo **condensación**, evidenciado a través de la acción Cl, informa la manera en que los participantes consideran los modelos matemáticos haciendo referencia a los problemas previamente estudiados, develando la presencia de este proceso como un proceso orbital que conecta con esquemas alojados en la memoria a largo plazo.

La evidencia, durante la evaluación de la estrategia, reveló la configuración de un esquema constituido por procesos cognitivos centrales y orbitales que les permite a los participantes evaluar los resultados encontrados y otorgarle significados a los mismos. Se identifica a este esquema como Esquema Evaluación.

Resultados de la fase 4 del análisis de comparación constante

Tal como se logró apreciar, en cada una de las etapas de la resolución de los problemas de álgebra con narración, se estableció un modelo que ilustra la participación de algunos procesos cognitivos, evidenciados en la frecuencia con la que las acciones protagonizadas por los participantes fueron observadas. En consecuencia, cada modelo alude a un tipo particular de esquema lógico, acordes a la situación requerida. Estos esquemas, elaborados en la memoria de trabajo, participan de un modo u otro conforme lo requiera la situación, por lo que la configuración de estos esquemas va en concordancia con las condiciones externas que delimitan la tarea. Por lo tanto, estos esquemas obedecen a satisfacer la búsqueda del encuadre que los participantes protagonizaron, en correspondencia con las condiciones externas, para satisfacer una necesidad, en este caso, resolver un problema de álgebra con narración.

Teniendo en cuenta que la estructura cognitiva refiere a la participación de distintos esquemas lógicos, el modelo presentado en Fig. 22 permite una aproximación tangible de cómo los esquemas lógicos, constituidos en cada fase de la resolución de un problema de álgebra con narración, confabulan para dar lugar a una estructura cognitiva inherente al modo en que los participantes de esta investigación resuelven un problema de álgebra con narración. En consecuencia, la estructura cognitiva, en la memoria de trabajo, está configurada por cuatro esquemas lógicos interconectados: Esquema Atención, Esquema Estrategia-representación, Esquema Aplicación y Esquema Evaluación. Cada esquema lógico es aplicado en la búsqueda del encuadre hacia la solución del problema, en concordancia con las condiciones que define a cada situación problematizada. Los

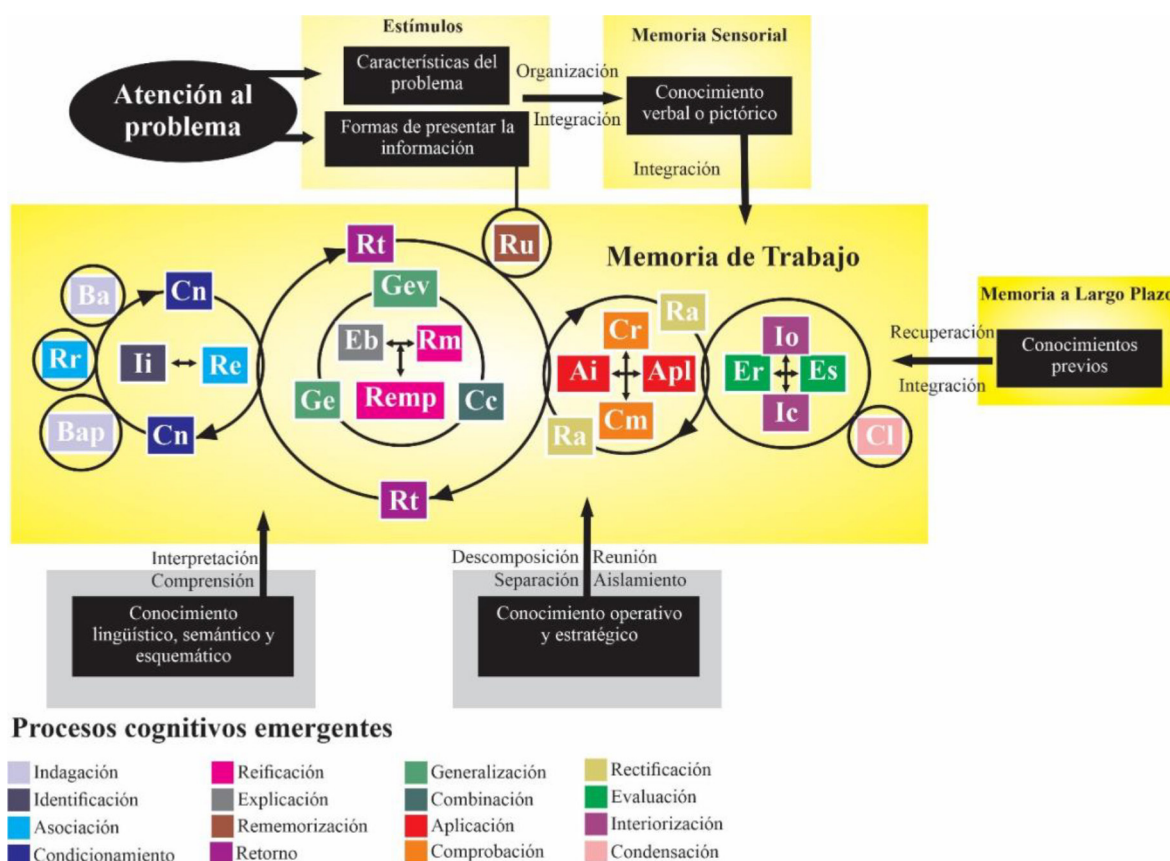


Fig. 22. Estructura cognitiva asociada a la resolución de problemas de álgebra con narración

procesos cognitivos que en la memoria de trabajo emergen, relativos a cada esquema lógico, juegan un papel central, regulador u orbital.

Los procesos cognitivos responsables de la transformación del conocimiento verbal o pictórico, proveniente de la memoria sensorial, en una representación interna del problema que posteriormente conlleva a una representación externa del mismo, reuniendo, coherentemente, los elementos que definen el problema para formular una ecuación, son los procesos cognitivos identificación y asociación, ubicados en el Esquema Atención, y los procesos reificación, explicación, generalización y combinación, ubicados en el Esquema Estrategia-representación. Debido a su participación directa en la transformación del conocimiento en los esquemas atención y estrategia-representación, estos procesos cognitivos son identificados como procesos cognitivos centrales relativos a cada esquema lógico. No obstante, en este proceso inicial de transformación, también cooperan los conocimientos lingüísticos, esquemáticos y estratégicos dando lugar a los procesos cognitivos comprensión e interpretación.

Seguidamente, los procesos cognitivos emergentes en la memoria de trabajo, esta vez, inherente a los esquemas aplicación y evaluación, transforman la representación externa del problema en información que le permite a los participantes responder, y a la vez verificar, que lo obtenido es, en efecto, la solución del problema. Este proceso secundario de transformación se encuentra signado por los procesos cognitivos aplicación y comprobación, en el Esquema Aplicación, y por los procesos evaluación e interiorización, en el Esquema Evaluación. No obstante, en el marco del proceso aplicación, gracias a la participación de los conocimientos operativos y estratégicos, emergen los procesos descomposición, separación, reunión y aislamiento. Debido a la participación directa de los procesos cognitivos aplicación, comprobación, evaluación e interiorización en los esquemas aplicación y evaluación, se identifica a estos procesos como procesos cognitivos centrales, correspondientes a cada esquema lógico.

Durante ambos procesos de transformación, los procesos cognitivos recuperación e integración transportan a la memoria de trabajo los conocimientos previos que se encuentran alojados en la memoria a largo plazo. No obstante, la activación de estos conocimientos viene de mano de las acciones que dan lugar a los procesos cognitivos: indagación, asociación, memorización y condensación, correspondientes a cada esquema lógico. En este aspecto, juega un papel fundamental las formas de presentar la información. Es decir, los conocimientos previos son recuperados e integrados en la memoria de trabajo conforme los procesos cognitivos mencionados previamente conectan los elementos que definen la situación actual con situaciones previamente estudiadas, y esta acción tiene su éxito en dependencia a cómo la información que define y delimita el problema es presentada a los participantes. Esta responsabilidad inherente a estos procesos cognitivos los califica como procesos cognitivos orbitales. Por lo tanto, la configuración de los recursos multimedia, que se emplean para diseñar y construir el objeto de aprendizaje, no es ajena al accionar de los procesos cognitivos orbitales: indagación, asociación, memorización y condensación.

Por su parte, en la estructura cognitiva referida en la Fig. 22 los procesos cognitivos condicionamiento, retorno y rectificación determinan en buena medida la participación de los procesos cognitivos centrales en los esquemas atención, estrategia-representación y aplicación, respectivamente. Es decir, los procesos centrales, responsables directos de la transformación de la información, se ven influenciados en la forma cómo los procesos previamente referidos conducen a la regulación en el modo que los procesos centrales emplean la información para avanzar en la resolución del problema. Tomando en cuenta el efecto que ocasionan los procesos cognitivos condicionamiento, retorno y rectificación en los procesos centrales, se identifican como procesos cognitivos reguladores.

Se concluye estableciendo esta tipología de los procesos cognitivos emergentes en la estructura cognitiva inherente a la resolución de problemas de álgebra con narración, describiendo, en cada caso, los procesos cognitivos participantes.

Procesos cognitivos centrales

Los procesos cognitivos centrales refieren a acciones que tienen, primeramente, la responsabilidad de transformar la información que proviene del medio, asociada a las características que definen el problema o a las formas de presentar la información, en una representación interna en la memoria de trabajo y lograr, posteriormente, una representación externa de esa información. Los procesos cognitivos centrales evidenciados en esta investigación son los siguientes:

Tabla 4. Procesos cognitivos centrales

Proceso cognitivo	Descripción
Aplicación	Aplica procedimientos previamente explicados en desarrollos que realiza paso a paso
Asociación	Relaciona las condiciones que definen el problema con situaciones previamente estudiadas y establece relaciones causales entre los datos conocidos y desconocidos
Combinación	Combina procedimientos en un mismo problema
Comprobación	Verifica que los modelos construidos forman parte de una estrategia y reconoce que la aplicación de un proceso paso a paso lo conduce a la solución.
Evaluación	Evalúa el resultado como consecuencia de la aplicación de un procedimiento por lo que la solución que obtiene tiene sentido y resuelve el problema
Explicación	Brinda explicaciones en la forma en que los datos identifican o diferencian el problema.
Generalización	Evoca conocimientos previos para extrapolar procedimientos aplicados en situaciones similares.
Identificación	Identifica los elementos que definen el problema.
Interiorización	Acepta y expresa que la resolución de los problemas requiere de la formulación de un modelo y otorga significado a los objetos matemáticos.
Reificación	Reduce las oraciones o expresiones gramaticales a expresiones matemáticas.

Fuente: Elaboración propia.

Procesos cognitivos reguladores

Los procesos cognitivos reguladores refieren a acciones que controlan la toma de decisiones durante la resolución del problema, conllevando en ello, cierta influencia en el accionar de los procesos cognitivos centrales. Es decir, quien resuelve el problema, en función de las demandas del entorno y en correspondencia con la manera como asume la resolución del problema, toma decisiones que inciden directamente en la participación de los procesos cognitivos centrales. Los procesos cognitivos reguladores evidenciados en esta investigación son los siguientes:

Tabla 5. Procesos cognitivos reguladores

Proceso cognitivo	Descripción
Condicionamiento	Establece ciertas condiciones de control de modo de permitir el avance solo cuando los resultados obtenidos son aceptados como válido
Retorno	Regresa a un estado en la solución del problema en la que todo se revela como algo concreto o conocido.
Rectificación	Ajusta procedimientos a medida que avanza o rectifica resultados obtenidos.

Fuente: Elaboración propia.

Procesos cognitivos orbitales

Los procesos cognitivos orbitales refieren a acciones que tienen la responsabilidad de conectar la información que provee el objeto de aprendizaje o los esquemas lógicos previamente creados y alojados en la memoria a largo plazo con la situación problematizada. Los procesos cognitivos orbitales juegan un papel determinante en la participación de los procesos cognitivos recuperación e integración. Asimismo, los procesos cognitivos orbitales se encuentran fuertemente influenciados por las formas o modos en que se presenta la información en el objeto de aprendizaje, o en la manera que se presenta o exponga el problema. Los procesos cognitivos orbitales evidenciados en esta investigación son los siguientes:

Tabla 6. Procesos cognitivos orbitales

Proceso cognitivo	Descripción
Indagación	Busca la presencia de nuevas características o propiedades presentes en el problema. Para ello aprovecha los efectos motivadores de la curiosidad y el desafío.
Asociación	Relaciona las condiciones que definen el problema con situaciones previamente estudiadas y establece relaciones causales entre los datos conocidos y desconocidos
Rememorización	Evoca conocimientos previos
Condensación	Reconoce las ecuaciones como modelos matemáticos que ayudan a resolver situaciones problematizadas.

Fuente: Elaboración propia.

Análisis

La presente investigación se orientó a comprender los procesos cognitivos inherentes a la resolución de problemas matemáticos cuando se emplean objetos de aprendizaje para resolver problemas de álgebra con narración. La evidencia señala la presencia de un conjunto de procesos cognitivos identificados como centrales, reguladores y orbitales. A razón de ello, se establecieron cinco esquemas lógicos en la memoria de trabajo que dan forma a una estructura cognitiva, íntimamente asociada a la tarea de resolver problemas de álgebra con narración cuando la misma se encuentra mediada a través de un objeto de aprendizaje. Por lo tanto, en el análisis de los resultados de mano con el marco teórico empleado se advierten al menos dos relaciones. Una refiere a la resolución de problemas y procesos cognitivos, la otra vincula a los objetos de aprendizaje y procesos cognitivos.

Resolución de problemas y procesos cognitivos

La resolución del problema inicia cuando los participantes leen y atienden a las características del problema o a las formas de presentar la información. Los esquemas atención y estrategia-representación, aplicado por los participantes en las tres situaciones problematizadas, se caracterizan por la presencia dominante de las acciones identificar, explicar, reificar, generalizar y combinar. Estas acciones, desempeñadas en forma recurrente, no necesariamente lineal, brindaron un intercambio constante entre el conocimiento construido, inicialmente, en la memoria sensorial y los mecanismos o acciones que dieron lugar a procesos de comprensión e interpretación.

A razón de ello, los participantes, basados en procesos de identificación y asociación lograron, inicialmente, identificar y diferenciar las cantidades variables y constantes que definen el problema, a la vez de establecer, relaciones causales entre ellas. Tales procesos se entrelazaron con procesos de reificación y explicación cuando ofrecen explicaciones en la forma cómo los datos que identifican el problema actual se asemejan o diferencia con otros problemas. Estas explicaciones se contextualizan, durante la tarea, al momento de adjudicar letras a los datos desconocidos. Adicionalmente, los procesos generalización y combinación contribuyeron, en algunos casos, a plantear una aproximación del modelo.

Los resultados advierten que en la configuración de los esquemas atención y estrategia-representación del problema los procesos cognitivos centrales se encuentran regulados por dos procesos cognitivos: condicionamiento y retorno. Durante la resolución del problema, en lo correspondiente a la configuración de los esquemas atención y estrategia-representación, los participantes avanzan toda vez que los resultados obtenidos son aceptados como válidos, de lo contrario, regresan a un estado en el que todo lo obtenido, hasta el momento, se revela ante ellos como algo ya previamente conocido.

Estas acciones, enmarcadas en procesos de condicionamiento y retorno, se encuentran enlazadas en acciones de buscar, relacionar y recordar, imbricadas en los procesos orbitales: indagación, asociación y recordación. Al respecto, los participantes buscan información en el objeto de aprendizaje que los ayude a decidir si lo obtenido es correcto para continuar en la resolución. Igualmente, relacionan la situación nueva con situaciones previamente estudiadas o conocidas que los ayude a avanzar. En este accionar, la conexión con conocimientos previos es fundamental. Por lo tanto, los procesos orbitales coadyuvan en las decisiones que toman los participantes, y determinan, en buena medida, los modos en que participan los procesos cognitivos: recuperación e integración, para extraer e incorporar los conocimientos previos, alojados en la memoria a largo plazo, en la memoria de trabajo.

Luego que los participantes comprueban el modelo que describe la situación problematizada (la ecuación), la resolución del problema continúa con la aplicación de un procedimiento algebraico-algorítmico para obtener, a partir del modelo, la solución. Los esquemas aplicación y evaluación empleado por los participantes, en las tres situaciones problematizadas, se caracterizan por la presencia dominante de las acciones aplicar, comprobar, evaluar e interiorizar. Estas acciones, evidenciadas primeramente en la comprobación del modelo, seguidamente, en la ejecución de un procedimiento paso a paso hasta dar con la solución, y posteriormente, en la forma que para ellos la solución tiene sentido y es acorde a la situación problematizada, dan lugar a los procesos comprobación, rectificación, aplicación, evaluación e integración. En este contexto, los procesos cognitivos recuperación e integración traen a la memoria de trabajo conocimientos previos que inciden en la presencia de procesos de condensación, atribuidos a la acción que se aprecia en los participantes, cuando explican que para resolver problemas de álgebra con narración los modelos matemáticos ayudan a establecer relaciones entre datos conocidos y desconocidos.

La Fig. 23 provee un modelo que describe de manera simplificada la forma en la que los participantes desempeñaron las acciones durante el proceso de resolución de los problemas.

Las acciones que dan lugar a los procesos cognitivos centrales permiten el avance en la resolución del problema, mientras que las acciones que dan lugar a procesos cognitivos orbitales coadyuvan en las decisiones que toman los participantes, y determinan, en buena medida, los modos en que participan los procesos cognitivos encargados de extraer e incorporar los conocimientos previos, alojados en la memoria a largo plazo, en la memoria de trabajo. Por su parte, los procesos reguladores coaccionan el avance en la resolución del problema hasta que ciertas condiciones de control, impuestas por los propios participantes, sean satisfechas.

Objetos de aprendizaje y procesos cognitivos

En la investigación desarrollada por Rivas y Sandia (2024) se advierte sobre el potencial que tiene el OAEL para proveer al estudiante un medio de expresión con cualidades de promover o potenciar la estructura cognitiva en concordancia con el contenido que lo define. En este contexto, juega un papel determinante el manejo eficiente de la carga cognitiva relevante y esta se encuentra en correspondencia con la relación que existe entre la estrategia que resuelve el problema y la forma de presentar la información a través del objeto de aprendizaje.

Con relación a la estrategia que resuelve el problema, Mayer (1986) explica que en ausencia de medios y fines los sujetos ejecutan procedimientos basados en el ensayo y error. Al respecto, los problemas que se basan en soluciones de este tipo sobre cargan la memoria de trabajo debido a que tales estrategias implican la construcción de esquemas tanto para encontrar la posible solución, como para detectar que el resultado alcanzado no corresponde con la solución del problema.



Fig. 23. Resolución un problema de álgebra con narración

Fuente: Elaboración propia.

En el OAEL la información se presenta a través de recursos multimedia atendiendo a las recomendaciones que desde la teoría de la carga cognitiva y la teoría cognitiva del aprendizaje multimedia se ofrecen para garantizar un uso óptimo de los procesos cognitivos en la carga cognitiva relevante (Rivas y Sandia, 2024) y además, dicha información, orienta la estrategia de resolución de los problemas de álgebra con narración hacia el planteamiento de un modelo (la ecuación). Por lo tanto, en el OAEL la estrategia para resolver los problemas se enmarca en medios y fines, evitando, en lo posible, el ensayo y error.

En el desempeño de los participantes, al resolver los problemas de álgebra con narración, se aprecia cierta influencia de los procesos cognitivos orbitales indagación, asociación y rememorización sobre los procesos cognitivos centrales. Teniendo en cuenta la correlación que existe entre los procesos cognitivos orbitales y las decisiones que toman los participantes, imbricados en la manera como es presentada la información, sugiere una correlación entre las condiciones del medio y los procesos cognitivos responsables de lograr una representación externa de las condiciones del problema. En consecuencia, la relación que existe entre la estrategia que resuelve el problema, la forma de presentar la información y los procesos cognitivos orbitales, se encuentra en correspondencia con el manejo eficiente de la carga cognitiva relevante, y ello implica, un uso efectivo de los procesos cognitivos centrales.

Conclusiones

Durante la resolución de los tres problemas de álgebra con narración, los participantes configuraron cuatro esquemas lógicos identificados como: Esquema Atención, Esquema Estrategia-representación, Esquema Aplicación y Esquema Evaluación. Estos esquemas lógicos están interconectados entre sí. La participación conjunta de estos esquemas, en compañía de los conocimientos lingüísticos, semánticos, esquemático, operativo, estratégico y conocimientos previos, quienes cooperan en los procesos cognitivos interpretación, comprensión, descomposición, separación, reunión, aislamiento, recuperación e integración, contribuyen en la configuración de una estructura cognitiva que les permite avanzar en el proceso de resolución de un problema de álgebra con narración, desde la formulación del modelo hasta la solución e interpretación del resultado.

Cada uno de los esquemas lógico previamente señalados, se construye mediante la acción de tres tipos de procesos cognitivos identificados como procesos centrales, reguladores y orbitales. Los procesos centrales, entendidos como acciones que tienen la responsabilidad de transformar la información que proviene del medio, asociada a las características que definen el problema o a las formas de presentar la información, en una representación interna en la memoria de trabajo para lograr conforme a ello una representación externa de esa información, tienen su fundamento en las teorías del significado. Por lo tanto, en los procesos centrales reside el mayor compromiso en la carga cognitiva relevante, en pro de lograr la comprensión e interpretación de los problemas de álgebra con narración.

No obstante, estos procesos centrales se encuentran influenciados por la participación de los procesos reguladores y orbitales. Al respecto, los procesos reguladores, entendidos como acciones que controlan las decisiones durante la resolución del problema, permiten ajustar la conducta de quien resuelve el problema de acuerdo a las demandas que impone la tarea. Esta característica de los procesos reguladores incide directamente en el proceso estructurante del pensamiento. Durante la resolución de problemas, los participantes, bajo la acción de los procesos centrales, toman información del exterior y la transforman en una representación interna. Si esta representación interna se adapta a las estructuras internas previamente establecidas, continua el proceso de resolución del problema. En cambio, si esta representación interna no se adapta a tales estructuras, es rechazada y reinician nuevamente la toma de información del exterior. Esta manera en la que los procesos cognitivos reguladores participan, durante la resolución del problema, encuentra correspondencia con las teorías que explican el desarrollo cognitivo.

Con relación a los procesos orbitales, entendidos como acciones que tienen la responsabilidad de conectar la información que provee el objeto de aprendizaje, o los esquemas lógicos previamente creados y alojados en la memoria a largo plazo, con la situación problematizada, conllevan un papel determinante en el modo que los procesos cognitivos recuperación e integración incluyen información en la memoria de trabajo. Por lo tanto, los procesos orbitales establecen relaciones externas entre los elementos del problema y los esquemas lógicos alojados en la memoria a largo plazo. Estos procesos tienen su fundamentación en las teorías del significado que explican el pensamiento como representación del problema.

Teniendo en cuenta que la memoria de trabajo es limitada y en ella participa la carga cognitiva relevante se revela la importancia que tienen los procesos orbitales en la comprensión e interpretación de los problemas de álgebra con narración. Asimismo, las características que adosan los procesos cognitivos orbitales los coloca en correspondencia con la manera cómo los procesos reguladores llevan el proceso estructurante del pensamiento. Por lo tanto, los procesos orbitales influyen fuertemente en la percepción de los estudiantes.

No obstante, la fluidez de estos procesos se encuentra asociado a las formas o modos en que se presenta la información en el objeto de aprendizaje, o en la manera que se presenta o exponga el problema. Este hallazgo revela la importancia que tiene considerar los principios de la carga cognitiva con relación al uso óptimo de recursos multimedia, bien para diseñar el objeto de aprendizaje, o bien para desarrollar el contenido a través de él. En atención a ello, es importante tener en cuenta que una sobrecarga cognitiva en la memoria de trabajo incide negativamente en la carga cognitiva relevante, y esta carga, es la responsable de la manera en que las personas conciben el proceso de resolución inherente a los problemas de álgebra con narración.

Los argumentos previamente desarrollados, con base en los resultados obtenidos en esta investigación, presentan un análisis que permiten comprender los procesos cognitivos que participan en la construcción de la estructura cognitiva inherente a la resolución de problemas de álgebra con narración cuando la información esta mediada por recursos tecnológicos. Por esta razón, se concluye que el propósito que motivó su realización se logró. No obstante, durante el desarrollo de esta investigación emergen dos aspectos que requieren ser tomados en cuenta en investigaciones futuras.

Etapas del proceso de resolución de problemas de álgebra con narración

Los resultados de esta investigación advierten que en el caso de situaciones problematizadas de álgebra con narración las etapas representación del problema y aplicación de la estrategia, se fusionan de tal modo que no es posible establecer una diferenciación que ayude a visualizar el paso de una hacia la otra. Por lo que no es necesario seguir las cinco etapas propuestas por Eggen y Kauchack (2009).

La fusión se debe a la característica fundamental que diferencia las situaciones problematizadas tratadas en esta investigación, de otras situaciones problematizadas expresadas en términos generales. En estas situaciones generalizadas muy probablemente no se requiere de un modelo para resolver el problema por lo que es necesario seleccionar una estrategia. Sin embargo, en el caso de los problemas de álgebra con narración, la selección de la estrategia está orientada a plantear el modelo, por lo que no hay una selección de estrategia como tal. No obstante, plantear el modelo consiste, básicamente, en representar el problema por medio de una ecuación. Por lo tanto, la ejecución de una etapa coincide esencialmente con la ejecución de la otra. Este hecho se ve evidenciado en la manera como las acciones cognitivas observadas durante la selección de la estrategia se complementan con las acciones cognitivas emergentes en la representación del problema, dando lugar al Esquema Estrategia-representación.

En investigaciones futuras interesadas en el estudio de procesos cognitivos inherentes al proceso de resolución de problemas de álgebra con narración relacionadas a situaciones problematizadas de agregar-quitar cantidades, edades de personas y números enteros, se recomienda emplear las siguientes etapas durante el proceso de resolución de los problemas: a) Atención al problema. b) Representación del modelo. c) Resolución del modelo. d) Evaluación de resultados.

Sesgo perceptivo audiovisual

Refiere a una acción cognitiva, evidenciada durante el desarrollo del ciclo C2, asociada a la conducta observada en los participantes cuando consultaron información en el OAEL. Los participantes adelantan o regresan el video, que explica la resolución del problema, con el objeto de colocarlo justo en el minuto en el que el recurso provee, justamente, la información que ellos consideran es suficiente para atender a la situación problematizada. En esta acción cognitiva, los estudiantes intentan adaptar, antes de asimilar, la nueva información que le ofrece el recurso. Con lo cual, los estudiantes protagonizan lo que Piaget define como imitación.

De acuerdo, a las teorías cognitivas que explican el proceso estructurante del pensamiento, la imitación es una conducta que causa desequilibrio en dicho proceso estructurante. Lamentablemente, en esta investigación, la acción cognitiva asociada al sesgo perceptivo audiovisual se observó con poca frecuencia, por lo que se desestimó su presencia como un proceso cognitivo emergente. No obstante, su poca frecuencia informa sobre la influencia que tienen los recursos multimedia presentes en el objeto de aprendizaje empleado para llevar la misma información a los estudiantes. Se recomienda tener en cuenta este hallazgo en futuras investigaciones dirigidas a estudiar el efecto que causa en la cognición el uso de los recursos multimedia.

Recomendaciones

Los resultados de esta investigación en modo alguno pretenden establecer generalizaciones en cuanto a la presencia de procesos cuando las personas resuelven problemas de álgebra con narración. No obstante, la

identificación de las acciones cognitivas, que en el marco de la investigación se evidenciaron, en conjunción con los esquemas lógicos contruidos y la tipología de los procesos cognitivos que dan forma a una estructura cognitiva, ofrecen elementos iniciales a tomar en cuenta para futuras investigaciones.

Por otro lado, el objeto de aprendizaje empleado en esta investigación, enmarcado en teorías del aprendizaje multimedia y en teorías de la carga cognitiva, permiten afianzar y confirmar argumentos que desde diversas investigaciones se ha formulado con relación al efecto que originan en la cognición de quienes los manipulan. No obstante, se considera que los resultados podrían ser circunstanciales y en consecuencia no conviene establecer generalizaciones. Por lo que se recomienda realizar más investigaciones basadas en el uso de objetos de aprendizaje para estudiar la presencia de procesos cognitivos cuando se emplean tales recursos, como mediadores del contenido, en el desempeño de una tarea.

Sin embargo, lo anterior requiere que el investigador este consciente de la siguiente realidad presente en los objetos de aprendizaje. El objeto de aprendizaje es un recurso tecnológico mediatizado condicionado y humanizado conforme al bagaje cultural de quien lo crea, aportando, gracias a la idiosincrasia de su creador, formas de pensar y modos de actuar que, irremediablemente, impregnan la actividad que a través de él se proyecta al modo en que su creador concibe el mundo que le rodea. Esta cualidad inmersa en el objeto de aprendizaje condiciona, en cierto modo, cómo las personas captan, comprenden, asimilan, interiorizan y practican el contenido educativo que lo define. Esta realidad coloca en tela de juicio tanto el aprendizaje como el modo en que se perfila la percepción de quienes hacen uso de tales recursos para llevar a cabo procesos de enseñanza y aprendizaje. Para lo cual se requieren nuevas investigaciones que conlleven a dilucidar el impacto que conlleva el uso de objetos de aprendizaje, tanto en los procesos cognitivos, como en el aprendizaje que a través de ellos se promueve. ©

Derwis Rivas Olivo, M.Sc. Profesor Asociado, desde el 2004, encargado de las asignaturas de cálculo en condición de personal ordinario adscrito a la Facultad de Ingeniería, Universidad de Los Andes. Cuenta con una Licenciatura y una Maestría en Matemáticas en la Facultad de Ciencias de la misma universidad y actualmente es Doctorante del Programa de Doctorado de Educación de la Facultad de Humanidades y Educación de la Universidad de Los Andes. Ha ejercido el cargo de Coordinador de Cátedra y Jefe de Departamento. Hasta la fecha cuenta con publicaciones en las áreas de la Didáctica de las Matemáticas y Didáctica de las Ciencias Sociales.

Beatriz Elena Sandía Saldivia. Ingeniero Civil de la Universidad de Los Andes (Mérida, Venezuela); MA en Educación, en el área de Tecnología Educativa, de la George Washington University (Washington, DC, Estados Unidos). DEA en Tecnología Educativa, de la Universidad de Las Islas Baleares (Palma de Mayorca, España). Doctora en Tecnología Educativa de la Universidad de Las Islas Baleares (Palma de Mayorca). Fue Directora Fundadora de la Coordinación de Estudios Interactivos a Distancia (ULA), Actualmente es Profesora Titular Jubilada de la Facultad de Ingeniería (ULA), Directora Fundadora del Grupo de Investigación Radix-PuntoEdu (ULA) y Miembro Correspondiente Estatal de la Academia de Mérida-Venezuela. Cuenta con publicaciones en investigaciones relacionadas a tecnología educativa, tecnologías de la Información y comunicación en la educación.

Esta investigación concluyó en noviembre del año 2023

Referencias bibliográficas

- Arteaga, J. y Guzmán, J. (2005). Estrategias utilizadas por alumnos de quinto grado para resolver problemas verbales de matemáticas. *Educación Matemática*, 17(1), 33 – 53.
- Ausubel, D. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart y Winston.
- Bartlett, F. (1932). *Remembering: A study in experimental and social psychology*. Londres: Cambridge University Press.
- Bundy, A. (1975). *Analyzing mathematical proofs. Research report N° 2*. Department of Artificial Intelligence: Universidad de Edimburgo.
- Eggen, P. y Kauchak, D. (2009). *Estrategias docentes. Enseñanza de contenidos curriculares y desarrollo de habilidades de pensamiento (3ra ed.)*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Ericcson, K. A. y Simon, H. A. (1993). *Protocol Analysis: Verbal report as data*. Cambridge: MIT Press.
- Glaser, B. y Strauss, A. (1967). *The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research*. Chicago: Aldine Publishing Company.
- Mayer, R. (1986). *Pensamiento, resolución de problemas y cognición*. Barcelona, España: Editorial Paidós.
- Mayer, R. (1986). *Pensamiento, resolución de problemas y cognición*. Barcelona, España: Editorial Paidós.
- Mayer, R. y Greeno, J. (1972). Structural differences between learning outcomes produced by different instructional methods. *Journal of Educational Psychology*, 63, 165 – 173.
- Puig, L. y Cerdán, F. (1990). Acerca del carácter aritmético o algebraico de los problemas verbales. En *Memorias del segundo simposio Internacional sobre Investigación en Educación Matemática* (pp. 35 – 48).
- Rivas O., D, Sandia S., B. (2024). Objetos de aprendizaje. Hacia su consolidación como recursos eficaces para el aprendizaje. *Educere*, 28 (90), 337 – 367.
- Sandia S., B, Pérez C., J. y Rivas O., D. (2019). Propuesta metodológica para la creación de objetos de aprendizaje. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 18(3), 521-542.