

Uso de un laboratorio virtual para analizar los procesos cognitivos de estudiantes de matemáticas

*Edith Ariza Gómez y Jorge Oscar Rouquette Alvarado**

Resumen

El aprendizaje de las matemáticas requiere del desarrollo de procesos cognitivos que permitan al estudiante comprender, estructurar y aplicar el conocimiento de manera adecuada. Estos procesos utilizan la identificación, el análisis y la síntesis, que se asocian a los procesos de asimilación, acomodación y equilibración respectivamente y que son esenciales para la construcción de estructuras cognitivas, el aprendizaje y la resolución de problemas. Este estudio analiza dichos procesos desde una perspectiva constructivista, que retoma algunas propuestas de Piaget (1975) y otros teóricos afines. Se realiza una intervención educativa, aplicando un laboratorio virtual de álgebra, que se construye con base en un diseño instruccional, que integra procesos inteligentes como andamiaje, para orientar el aprendizaje y las actividades de los estudiantes. Se aplica un pretest antes de iniciar el curso y un postest al final, para evaluar el desempeño y cambio de los niveles cognitivos. Los resultados muestran, que el uso de un laboratorio virtual, que integra actividades basadas en el modelo constructivista y mediadas por la Inteligencia artificial, permite probar diferentes estrategias de enseñanza, para la generación y equilibración de estructuras cognitivas adecuadas y lograr un aprendizaje significativo.

Palabras clave

Procesos cognitivos ¶ Aprendizaje ¶ Matemáticas ¶ Inteligencia artificial ¶ Laboratorio virtual





Abstract

Learning mathematics requires the development of cognitive processes that enable students to understand, structure, and apply knowledge appropriately. These processes utilize identification, analysis, and synthesis, which are associated with the processes of assimilation, accommodation, and equilibration, respectively, and are essential for building cognitive structures, learning, and problem-solving. This study analyzes these processes from a constructivist perspective, drawing on some of Piaget's (1975) proposals and those of other related theorists. An educational intervention is implemented using a virtual algebra laboratory, built on an instructional design that integrates intelligent processes as scaffolding to guide student learning and activities.

* Profesora investigadora titular C. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, (UAM-X) México (eariza@correo.xoc.uam.mx). ¶ Profesor investigador titular C. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, (UAM-X) México (joscar@correo.xoc.uam.mx).

A pretest is administered before the course begins, and a post-test is administered at the end to evaluate performance and changes in cognitive levels. The results show that the use of a virtual laboratory, which integrates activities based on the constructivist model and mediated by artificial intelligence, allows testing different teaching strategies for the generation and balancing appropriate cognitive structures and achieving meaningful learning.

Key words

Cognitive processes  Learning  Mathematics  Artificial intelligence  Virtual laboratory

Introducción

UN PROBLEMA recurrente en todos los niveles educativos en México es el bajo aprendizaje de matemáticas y más aún su aplicación en la solución de problemas. Se atribuyen estos resultados al uso predominante de un modelo educativo tradicional, donde se privilegia la memorización y no se aplican las matemáticas en la solución de problemas (IMCO, 2023).

Actualmente se cuenta con diversos medios tecnológicos, que incluyen algoritmos basados en la inteligencia artificial (IA) y que permiten aplicar diferentes tareas activas durante el proceso de enseñanza y aprendizaje y ayudar a incursionar sobre el desarrollo del proceso de enseñanza, con el fin de lograr un mejor aprendizaje. Su uso promueve una mayor interacción entre los contenidos, métodos y los marcos referenciales de los estudiantes (Martínez, 2003).

Con el desarrollo de las nuevas tecnologías de información y comunicación, ahora en la educación virtual, los libros y notas impresas se han transformado en medios interactivos, aulas y laboratorios virtuales, que logran integrar en sus actividades, las estrategias de enseñanza y realizar tareas específicas para orientar los niveles cognitivos de identificación, análisis y síntesis, acercando los contenidos cada vez más a la *zona de desarrollo próximo* para lograr un aprendizaje significativo.

“La zona de desarrollo próximo define aquellas funciones que todavía no han madurado, pero que se hallan en proceso de maduración, funciones que en el mañana próximo alcanzarán su madurez, aunque hoy todavía son inmaduras. [...] El nivel de desarrollo real caracteriza el desarrollo mental retrospectivamente, mientras que la zona de desarrollo próximo caracteriza el desarrollo mental prospectivamente” (Vygotsky, 1979, pp. 86-87).

Existen diferentes factores que intervienen en el aprendizaje de matemáticas de los estudiantes y uno de ellos se relaciona con la forma de abordar los contenidos (Díaz y Hernández, 2004).

Con el fin de identificar el cambio de los niveles cognitivos de los estudiantes de matemáticas, se construyó, haciendo uso del diseño instruccional, un laboratorio virtual de álgebra en la plataforma ENVÍA de la Universidad Autónoma Metropolitana, en la Unidad Xochimilco.

El curso consta de 7 unidades temáticas: introducción al lenguaje algebraico, operaciones con polinomios, ecuaciones de primer grado, ecuaciones de segundo grado, sistemas de ecuaciones, operaciones con fracciones, desigualdades. En cada unidad se presentan contenidos y actividades, que se dosifican de acuerdo con las respuestas de los estudiantes, y se orienta y evalúa el aprendizaje con la ayuda de secuencias remediales inteligentes mediadas por procesos y software relacionado con la IA.

Las secuencias remediales de acción en un curso de álgebra, son estrategias estructuradas de enseñanza, diseñadas para corregir errores conceptuales o procedimentales específicos que los estudiantes han cometido. No se trata solo de volver a enseñar el tema, sino de identificar el origen del error, aplicar la acción didáctica adecuada para subsanarlo (Kalinga State University, 2025).

Para verificar la comprensión de la información presentada, se integra el ChatGPT basado en la IA, para la generación y presentación de ejercicios similares a los revisados previamente por el estudiante.

Para analizar los resultados del desempeño logrado por los estudiantes, se utilizó el método estadístico y se aplicó un cuestionario al inicio y al final de revisar todos los contenidos del curso de algebra, para identificar y comparar los niveles de aprendizaje obtenidos.

En los dos cuestionarios se planearon tres preguntas para evaluar la construcción cognitiva de identificación, cinco del nivel de análisis y tres del nivel de síntesis.

A diferencia de otros grupos de estudiantes, los que revisaron de manera completa los contenidos y actividades del laboratorio virtual, alcanzaron un índice mínimo de reprobación al finalizar el curso y se confirma que las distintas estrategias de enseñanza basadas en los métodos constructivistas y mediadas por IA, tuvieron su aporte en ello.

Hoy en día, el proceso de enseñanza y aprendizaje basado en las teorías constructivistas e interactivo, se debe incorporar en los ambientes virtuales. La IA se ha convertido en una herramienta poderosa para la enseñanza y el aprendizaje, al ofrecer sistemas de tutoría inteligente, con atención individual, retroalimentación inmediata y el análisis predictivo del desempeño estudiantil (Luckin *et al.*, 2016). Aunque la IA facilita el acceso al conocimiento y el acompañamiento durante

el proceso de aprendizaje, es labor del docente planear los conflictos cognitivos adecuados y las secuencias remediales en caso de error, para que los estudiantes reconstruyan de manera adecuada sus estructuras cognitivas y utilicen el conocimiento de manera crítica y reflexiva.

Así, con el uso de los planteamientos de modelos constructivistas, nuevas tecnologías y de la IA, cada encuentro educativo proporcionará información suficiente y valiosa para que los estudiantes realicen los procesos de identificación, análisis y síntesis y construyan las estructuras cognitivas necesarias para que aprendan y apliquen el conocimiento en la solución de problemas.

Antecedentes

El desarrollo de la tecnología informática y de la IA, han ofrecido en diferentes momentos herramientas muy útiles a la educación tanto para apoyar la docencia como la investigación. En la docencia, los ambientes virtuales han evolucionado de ser solamente libros o notas electrónicas, a sistemas expertos que se ajustan al desempeño de los estudiantes y que proporcionan la ayuda pedagógica adecuada para propiciar un buen aprendizaje. Actualmente se pueden construir sistemas que requieren materiales interactivos y multimedios, sin problema técnico alguno.

Los Sistemas Tutoriales, aulas virtuales, plataformas educativas y laboratorios virtuales, se han difundido muy rápidamente junto con el gran desarrollo de las computadoras personales desde los años sesenta. Este tipo de materiales se pueden usar tanto como consulta, referencia, o acompañamiento de un curso, como en estudios autodidácticos. En general contienen una base de conocimiento y un motor de inferencia, que aplica las estrategias de enseñanza y aprendizaje, dónde el docente virtual, es el gestor del conocimiento y de las diversas formas de interacción y evaluación (Calderón,1998).

Los primeros materiales educativos electrónicos, solo copiaron el texto de los libros o notas a sistemas informáticos. Los libros electrónicos en general son materiales construidos en forma plana y no explotan la interacción con los estudiantes, ni integran las secuencias remediales profundas, que promueven el aprendizaje significativo. Actualmente en el Sistema educativo se ha reconocido la importancia de la enseñanza virtual y se considera la pertinencia de uso de los Sistemas Tutoriales, Aulas y Laboratorios Virtuales, que cubren las actividades de acompañamiento individual del estudiante, para guiarlo de la mejor forma durante la interacción con los contenidos y actividades de un curso y, además, se proporciona la ayuda pedagógica adecuada para el logro de un mejor desempeño.

Para la elaboración de los materiales o sistemas educativos, se retoman las propuestas asociadas con el diseño instruccional, donde se debe tener claro el modelo educativo, el objetivo, el usuario, el tiempo y los recursos disponibles para su elaboración. Además, se debe hacer el uso adecuado de los nuevos medios de información y comunicación (Luna *et al.*, 2021).

En la labor de investigación, con el uso de nuevas tecnologías y de la IA, se permite actualmente programar todo tipo de espacios virtuales, mediante algoritmos bien definidos.

En este estudio se presenta la pertinencia de uso de un laboratorio Virtual, que es usado como un medio para integrar contenidos y probar las estrategias de enseñanza y aprendizaje.

Las características principales son:

1. Promueven la respuesta activa, para que el estudiante aprenda mejor, aplicando actividades interactivas para acceder al conocimiento. En el Laboratorio Virtual de Álgebra, se le enseñan al estudiante conceptos, definiciones o procedimientos y se planean las actividades orientadas a la solución de ejercicios o problemas clave adecuados, que en la mayoría de los casos requieren procesos de abstracción y de síntesis del conocimiento para su aprendizaje.
2. Comunican al estudiante sobre su desempeño en tiempo real, ya que proporcionan la respuesta inmediata sobre las respuestas correctas o incorrectas en los ejercicios aplicados. En el Laboratorio Virtual de Álgebra esta información se presenta en forma inmediata y se establece un proceso de evaluación continua, después de presentar pequeñas cápsulas de conocimiento.
3. Permiten el avance del estudiante a su propio ritmo, ya que, generalmente, los estudiantes cubren con diferente inversión de tiempo el mismo contenido instruccional. El Laboratorio Virtual, cuenta con toda una gama de posibilidades de recorridos inteligentes de los materiales educativos, que se ajustan de manera individual en el momento de uso. Así las actividades complementarias se generan con el uso del ChatGPT y se adaptan al ritmo de los avances de cada estudiante, presentando diversas secuencias remediales asociadas a cada nivel de conocimiento.
4. Orientan que el estudiante trabaje con el mínimo error, es decir, los estudiantes en sus experiencias de instrucción aprenden cometiendo cada vez menos errores, porque ponen más atención. Esto se tiene

contemplado en el Laboratorio Virtual, porque el proceso se divide en pasos, suficientemente pequeños para permitir que la retroalimentación pueda darse inmediatamente. Además, se organizan de una manera jerárquica para ir llevando de la mano al estudiante de lo simple a lo complejo.

El Laboratorio Virtual

El Laboratorio Virtual de Álgebra se ha elaborado de manera interactiva y proporciona la ayuda pedagógica al estudiante, con el fin de lograr aprendizajes significativos. La base de conocimientos consta de información de álgebra y de una colección de secuencias remediales donde se plasma la experiencia del docente que orienta al estudiante hacia la adquisición de conocimientos. No sólo se presentan conceptos, definiciones y comentarios, sino que, de manera inicial, se plantean ejemplos y, posteriormente, se pide que el estudiante resuelva ejercicios similares, dosificados de acuerdo con la planeación docente y con ayuda del ChatGPT.

Con el fin de promover la asimilación del conocimiento, dependiendo de la respuesta del estudiante a las preguntas y ejercicios, se seguirá una secuencia remedial diferente durante la revisión del material de cada lección.

Cada secuencia remedial, se activa cuándo algún proceso es incorrecto y se encuentra organizada mediante un árbol de decisiones, que explora de manera exhaustiva las posibles causas del error, mediante una serie de preguntas, hasta que se identifica de manera inteligente lo que no ha quedado bien comprendido.

El Laboratorio Virtual contiene ocho lecciones sobre contenidos de álgebra, en cada lección el 25 por ciento de las actividades se orientan a promover la identificación, es decir, se proporcionan definiciones, teorías y fórmulas, con ejemplos de su aplicación; generalmente son las primeras actividades y se complementan con la intervención de materiales consultados con el uso de la IA. Es lo que Bruner señala como andamiaje teórico, “el proceso de andamiaje permite que un niño o aprendiz resuelva una tarea o alcance un objetivo que estaría más allá de sus esfuerzos si actuara sin ayuda” (Wood, Bruner & Ross, 1976, p. 90, traducción propia).

Un 50 por ciento de las siguientes actividades, corresponden a aquellas que incluyen acciones de comparación para lograr el análisis de la información. Se presentan ejercicios y, con la ayuda de la IA, se evalúan las respuestas. En esta sección se orientan los procesos de asimilación y acomodación que propone Piaget: “La adaptación intelectual se realiza por medio de dos procesos complementarios: la asimilación, mediante la cual el sujeto incorpora los datos del medio a

sus estructuras, y la acomodación, por la cual estas estructuras se modifican en función de las particularidades de los objetos” (Piaget, 1970, p. 15).

Al final de cada lección, 25 por ciento de las tareas se dedican a promover las actividades de síntesis mediante las aplicaciones del conflicto cognitivo y la solución de problemas. “El progreso del conocimiento no se debe a una simple acumulación de experiencias, sino a un proceso de equilibración que supone desequilibrios y reorganizaciones sucesivas” (Piaget, 1975, p. 13).

Estrategias de enseñanza empleadas en matemáticas

Dentro de las estrategias de aprendizaje de los estudiantes se pueden identificar las operaciones cognoscitivas de asimilación, acomodación y los procesos involucrados para la realización de una tarea, tales como la identificación, la comprensión y el análisis (Moreno, 1989), (Puente, 1989).

Así la función principal del proceso de aprendizaje es facilitar la asimilación de la información que llega del exterior del estudiante por medio de operaciones mentales y de procesos cognitivos.

Algunos estudiantes para resolver un problema matemático usan estrategias en forma inconsciente, lo hacen en un plano de la acción, lo pueden resolver, pero no pueden explicar verbalmente la manera en que lo hicieron. Para hacerlo consciente es necesario reorganizar o construir nuevos esquemas en el plano de la conceptualización. (Kuldas *et al.*, 2013)

Los docentes de matemáticas no solo deben enseñarles métodos o técnicas de solución de problemas a los estudiantes que generalmente pronto olvidarán, sino ayudarles a obtener estrategias de aprendizaje que involucren el desarrollo de la conciencia metacognitiva para ensayar la generalización y la abstracción. De este modo, los estudiantes pueden ser capaces de resolver problemas similares, a pesar de que la forma de plantearlos los haga parecer totalmente diferentes.”La metacognición ayuda a formar alumnos autónomos, aumentando la conciencia sobre sus propios procesos cognitivos y su autorregulación para que puedan regular su propio aprendizaje y transferirlo a cualquier área de sus vidas” (Osses y Jaramillo, 2008, p. 191).

Para la elaboración de un Laboratorio Virtual, es aconsejable realizar procesos cognitivos de acuerdo con el tipo de conocimiento que se esté manejando, algunas de las estrategias que se pueden utilizar para lograr un aprendizaje significativo

en matemáticas, son las actividades que involucran los procesos de identificación, análisis y síntesis en todo momento.

En la construcción de los materiales, el proceso de *identificación* puede promoverse mediante la presentación al estudiante de diferentes conceptos, realizando enseguida una o varias preguntas que validen su comprensión. Si la respuesta a las preguntas es correcta se sigue avanzando con el resto del material y, en caso contrario, se aplica una “secuencia remedial”, que puede ser tan sencilla o compleja como se considere necesario para lograr el objetivo planeado. El aprendizaje de las matemáticas se apoya en la identificación de cierta información como fórmulas, leyes, teoremas, valores específicos y similares. Para implementar este tipo de estructura en el Laboratorio Virtual, se utilizan secuencias didácticas en donde se presentan preguntas y actividades para orientar y evaluar la correcta comprensión. “Las funciones esenciales de la mente consisten en comprender e inventar, es decir, en construir estructuras estructurando la realidad” (Piaget, 1970).

El proceso de análisis puede evaluarse mediante preguntas que permitan comprobar si el estudiante comprendió el material y es capaz de realizar comparaciones o inferencias sobre el uso de distintos métodos o técnicas para resolver ejercicios. En el caso de matemáticas, es común que se requiera que el estudiante haga una representación simbólica diferenciada. Para implementar este tipo de estructura en el Laboratorio Virtual, se presentan al estudiante actividades que confirmen que se realizó el proceso de análisis, mediante la selección entre diferentes alternativas. “La discriminación es otra actividad importante, en la cual el niño distingue ciertos objetos de otros [...] trayendo como resultado un reconocimiento o asimilación” (Piaget, 1969).

El proceso de *síntesis* se logra a través de la presentación de aquella información necesaria para que el estudiante pueda operar con ella y llegar a la construcción de un marco referencial o estructura más general. En el Laboratorio Virtual de Álgebra, se propicia este proceso, pidiéndole al estudiante que resuelva problemas concretos de la vida cotidiana y algunos relacionados con su vida profesional, en este nivel se aplica el análisis crítico.

La equilibración entre asimilación y acomodación se establece en tres niveles sucesivamente más complejos:

1. El equilibrio se establece entre los esquemas del sujeto y los acontecimientos externos.
 2. El equilibrio se establece entre los propios esquemas del sujeto.
 3. El equilibrio se traduce en una integración jerárquica de esquemas diferenciados.
- (Piaget, 1977)

En la enseñanza del álgebra es necesario que los estudiantes integren los tres procesos de identificación, análisis y síntesis, y que reciban la ayuda didáctica en el momento adecuado para lograr un mejor aprendizaje y elaborar marcos referenciales sólidos, que en Piaget representa la elaboración de las estructuras cognitivas.

Metodología

Este estudio es cuasi-experimental con la aplicación de un pretest y postest en un solo grupo; su enfoque es mixto: cuantitativo y cualitativo. En el cuantitativo se miden cambios en el desempeño cognitivo y en el cualitativo se analizan evidencias de posible reorganización cognitiva.

Hipótesis: El uso de un laboratorio virtual basado en actividades constructivistas produce cambios significativos en las estructuras cognitivas, evidenciados en mejoras en los niveles de identificación, análisis y síntesis.

Fundamentación teórica

Constructivismo. El aprendizaje ocurre mediante la interacción activa del estudiante con el conocimiento.

Los procesos cognitivos según Piaget son:

- Asimilación: integración de nueva información en esquemas previos.
- Acomodación: modificación de esquemas para resolver conflictos cognitivos.
- Equilibración: reorganización estructural del conocimiento.

Estos procesos permiten observar la formación de estructuras cognitivas más complejas.

Participantes: 200 estudiantes del Tronco Divisional de Ciencias Sociales y Humanidades de la Universidad Autónoma Metropolitana en el trimestre 25I, seleccionados con un muestreo aleatorio.

Instrumentos que se utilizaron para la evaluación: un pretest y un postest de diez preguntas que evalúan conocimientos y estructuras iniciales asociadas a la identificación, análisis y síntesis de cada estudiante, además de cambios cognitivos y estructurales.

Rúbrica de evaluación cognitiva de los niveles a evaluar incluidas en las preguntas del pretest y postest:

- a. **Identificación:** Reconoce datos aislados, no establece relaciones y repite información.
- b. **Análisis:** Reconoce conceptos, relaciona elementos e integra parcialmente elementos para discriminar entre métodos de solución de ejercicios.
- c. **Síntesis:** Clasifica, explica relaciones y construye estructuras conceptuales, para la solución de problemas.

Procedimiento

Fase 1: Diagnóstico

- Aplicación del pretest
- Elaboración de mapa conceptual inicial

Fase 2: Intervención (curso de 10 semanas)

Implementación del Laboratorio Virtual con actividades constructivistas

Fase 3: Evaluación final

- Aplicación del postest
- Análisis de los resultados

Indicadores de cambio cognitivo

- a. **Identificación**
 - Reconoce conceptos con mayor precisión.
 - Diferencia categorías conceptuales.Interpretación: evidencia de asimilación.
- b. **Análisis**
 - Establece relaciones causales y funcionales.
 - Explica procesos.Interpretación: reorganización cognitiva asociada a la acomodación.
- c. **Síntesis**
 - Integra conceptos en estructuras coherentes.
 - Aplica conocimiento a nuevos contextos.Interpretación: evidencia de acomodación y equilibración.

El objetivo de este estudio es relacionar los procesos de identificación, análisis y síntesis con las demandas del aprendizaje matemático en la era digital y tecnológica. Se realizó una evaluación de los conocimientos previos en álgebra básica mediante un instrumento donde se les pide responder preguntas y resolver ejercicios contemplados dentro de los tres distintos niveles de conocimiento: dos de las preguntas

identifican la comprensión (nivel 1, identificación), cinco ejercicios analizan la identificación y aplicación de diferentes metodologías de solución (nivel 2, análisis) y, tres problemas buscan relacionar la teoría con su aplicación práctica (nivel 3, síntesis). Esta evaluación del desempeño se obtiene en dos momentos, antes de revisar el Laboratorio Virtual, sobre álgebra básica en el pretest, para contrastarla con los resultados obtenidos al concluir el curso, mediante el postest.

En cada lección se promueven los procesos de identificación, análisis y síntesis mediante la aplicación de diversas actividades y ejercicios mediados por la IA.

La identificación se refiere al reconocimiento de símbolos, conceptos, relaciones y patrones. Según Ausubel (1968), este proceso constituye la base del aprendizaje significativo al conectar nueva información con conocimientos previos. En matemáticas, la IA puede asistir en esta fase mediante aplicación de preguntas para reconocer errores recurrentes de los estudiantes y aplicar correcciones personalizadas, facilitando un aprendizaje adaptativo.

El análisis implica descomponer información compleja en sus componentes esenciales. Bloom (1956) lo clasifica como un nivel cognitivo superior indispensable para resolver problemas matemáticos. En la actualidad, herramientas basadas en IA permiten simular distintos métodos de resolución, ofreciendo al estudiante la posibilidad de comparar estrategias y desarrollar un pensamiento crítico. Según Piaget (1972), este proceso se relaciona con la capacidad de operar mentalmente sobre abstracciones, habilidad que puede ser potenciada con entornos digitales interactivos y el uso de la IA.

La síntesis consiste en integrar información para generar un todo coherente y creativo, Bloom (1956) la sitúa como un nivel superior que fomenta la innovación en la solución de problemas. En la era de la IA, este proceso ofrece un nuevo matiz, los estudiantes pueden usar modelos generativos para explorar múltiples soluciones y, al mismo tiempo, evaluar su validez y aplicabilidad.

También, Vygotsky (1978) subraya la importancia de la mediación social y en este contexto, la IA puede funcionar como un mediador digital que amplía la zona de desarrollo próximo del estudiante, ayudándole a construir un conocimiento colectivo e interdisciplinario.

Al final de cada lección se aplica una actividad que promueve la reflexión de los estudiantes sobre los elementos aprendidos para ir orientando la metacognición.

La metacognición se refiere al conocimiento que uno tiene acerca de los propios procesos y productos cognitivos o cualquier otro asunto relacionado con ellos [...] La metacognición hace referencia, entre otras cosas, a la supervisión activa y consecuente regulación y organización de estos procesos. (Flavell,1979)

Resultados obtenidos

Con el fin de evaluar diversos elementos que intervienen en el aprendizaje de álgebra al hacer uso de un Laboratorio Virtual, se contrastó la percepción de los estudiantes sobre la forma de enseñanza con su aprendizaje y los diferentes niveles de conocimiento obtenidos en el pretest y postest.

Evaluación de las relaciones entre enseñanza y aprendizaje de álgebra

Se contrastó la forma de enseñanza en el Laboratorio Virtual con el aprendizaje de álgebra logrado por los estudiantes, se observa que el 46.8 por ciento opina que las actividades presentadas fueron buenas y el 36.2 por ciento considera que se relaciona con un buen aprendizaje. Ver el Cuadro 1.

Cuadro 1. Evaluación relacionando la forma de enseñanza y aprendizaje de álgebra (Porcentaje sobre el total)

Enseñanza	Aprendizaje de álgebra			
	Bueno	Regular	Malo	Total
Buena	21.3	21.3	4.2	46.8
Regular	12.8	21.3	10.6	44.7
Mala	2.1	2.1	4.3	8.5
Total	36.2	44.7	19.1	100.0

Fuente: Elaboración con datos del cuestionario aplicado a los estudiantes

Evaluación de los niveles de conocimiento

Se compara en el Cuadro 2 el número de aciertos logrados en el pretest por nivel y se observa que en el nivel 1, que solicita identificar y clasificar los contenidos, el 39.4 por ciento de los estudiantes contestaron de manera adecuada una pregunta de tres. Mientras que en el nivel 2, que se requiere analizar, el 33.3 por ciento de los estudiantes realizaron de manera correcta cinco ejercicios de seis.

Finalmente, en el nivel 3, donde se demanda realizar procesos de síntesis, el 39.4 por ciento de los estudiantes resolvieron de manera correcta dos de tres problemas. Se puede decir que los marcos referenciales iniciales eran insuficientes.

Cuadro 2. Aciertos por nivel en el Pretest (Porcentajes por columna)

Número de aciertos	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
0	24.2	3.0	15.2
1	39.4	21.2	27.3
2	24.2	9.1	39.4
3	12.1	12.1	18.2
4		18.2	
5		33.3	
6		3.0	

Fuente: Elaboración con datos del cuestionario aplicado a los estudiantes

Al analizar las respuestas de los estudiantes en el postest, los porcentajes del número de aciertos aumentan en los niveles superiores, tal como se observa en el Cuadro 3. Así, en el nivel 1 de identificación, el 60.6 por ciento de los estudiantes logra un acierto, mientras que en el nivel 2 de análisis, el 27.3 logra cinco aciertos y en el nivel 3 de síntesis, el 54.5 logra resolver 3 problemas.

En general se observa que mejoró el aprendizaje de los estudiantes al hacer uso del laboratorio virtual.

Cuadro 3. Aciertos por nivel en el postest (Porcentajes por columna)

Número de aciertos	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
0	27.3		3.0
1	60.6	12.1	21.2
2	3.0	12.1	21.2
3	9.1	15.2	54.5
4		12.1	
5		27.3	
6		18.2	
7		3.0	

Fuente: Elaboración con datos del cuestionario aplicado a los estudiantes

Cuando se realiza la comparación de los mismos niveles para el pretest y postest respecto a los aciertos obtenidos en el cuestionario, se observan que en general aumentan y suponemos que se asocia por el uso de la forma de orientar y estructurar las actividades para el aprendizaje en el Laboratorio Virtual.

Así, al comparar el porcentaje del pretest con el postest en el nivel 1, de identificación, se observa que aumenta el porcentaje de estudiantes del 39.4 al 60.6 por ciento que logran un acierto.

En el nivel 2, de análisis, se observa que, aumenta el porcentaje del 36.6 de estudiantes que tuvieron cinco y seis aciertos en el pretest, al 48.5 por ciento que resolvió de manera adecuada de cinco a siete ejercicios en el postest.

La misma situación se presenta en el nivel 3, de síntesis, al aumentar la cantidad de estudiantes con tres aciertos y que pasa del 18.2 por ciento, en el pretest al 54.5 en el postest.

Existe una correlación de 0.49, entre el número de respuestas correctas en el pretest y postest, que se puede considerar en un rango de correlación media. Ver Cuadro 4.

Cuadro 4. Comparación de aciertos en el nivel 1: Identificación (Porcentaje sobre el total)

Aciertos pretest	Aciertos en postest				Total
	0	1	2	3	
0	18.2	3.0	3.0		24.2
1	3.0	36.4			39.4
2	6.1	15.2		3.0	24.2
3		6.1		6.0	12.1
Total	27.3	60.6	3.0	9.0	

Fuente: Elaboración con datos del cuestionario aplicado a los estudiantes.

Para el nivel 2, de análisis, el coeficiente de correlación alcanza el valor de 0.68, que se considera un rango de alta correlación positiva entre el número de aciertos del pretest y postest.

Se observan porcentajes por encima de la diagonal principal, lo que indica que en el postest se resuelve un mayor número de ejercicios. Así, encontramos que el 15.2 por ciento de estudiantes pasa de cuatro aciertos en el pretest a cinco aciertos en el postest, lo que refleja que aprendieron a realizar el proceso de análisis. De igual manera, se observa en el Cuadro 5, que aumenta en 12.1 por ciento el número de estudiantes que respondieron cinco ejercicios en este nivel 2 en el pretest y que pasa a seis y siete en el postest. Lo anterior, indica un mayor aprendizaje en el nivel de análisis. Ver Cuadro 5.

Cuadro 5. Comparación de aciertos en el nivel 2: Análisis (Porcentaje sobre el total)

Aciertos Pretest	Número de aciertos en postest								Total
	0	1	2	3	4	5	6	7	
0				3.0					3.0
1		9.1	3.0	6.1			3.0		21.2
2		3.0	6.1						9.1
3			3.0	6.1			3.0		12.1
4					3.0	15.2			18.2
5					9.1	12.1	9.1	3.0	33.3
6							3.0		3.0
Total		12.1	12.1	15.2	12.1	27.3	18.2	3.0	

Fuente: Elaboración con datos del cuestionario aplicado a los estudiantes

En el nivel 3, el rango de correlación es de 0.65, que indica una correlación positiva alta entre el número de aciertos en el pretest y postest en este nivel de síntesis. En el Cuadro 6, se observa que hay un avance en el aprendizaje de los estudiantes, ya que aumenta el número de problemas resueltos.

Al respecto, se observa que los que obtuvieron tres aciertos en este nivel, pasan del 18.2 por ciento en el pretest al 54.5 por ciento en el postest. Con estos resultados se puede decir que se logró promover el proceso de síntesis en los estudiantes.

Cuadro 6. Comparación de los aciertos del nivel 3: Síntesis (Porcentaje sobre el total)

Aciertos en el pretest	Aciertos en nivel 3 postest				Total
	0	1	2	3	
0	3.0	6.1	6.1		15.2
1		12.1	9.1	6.1	27.3
2			6.1	33.3	39.4
3		3.0		15.2	18.2
Total	3.0	21.2	21.2	54.5	

Fuente: Elaboración con datos del cuestionario aplicado a los estudiantes

En el Cuadro 7, se presentan los porcentajes de estudiantes que tuvieron aciertos en los tres niveles de conocimiento tanto en el pretest como en el postest. En este caso se sumaron los aciertos obtenidos por cada estudiante en todos los niveles 1, 2 y 3.

Se observa que en la evaluación inicial antes de hacer uso del Laboratorio virtual, el 60.6 por ciento de los estudiantes obtuvo más de cinco aciertos mientras que en el postest se incrementa al 75.8 el número de estudiantes aprobados.

Cuadro 7. Número de aciertos totales (Porcentajes por columna)

Número de aciertos en los tres niveles	Total pretest	Total postest
2	6.1	3.0
3	9.1	
4	12.1	9.1
5	12.1	12.1
6	9.1	15.2
7	15.2	6.1
8	21.2	21.2
9	12.1	24.2
10	3.0	9.1

Fuente: Elaboración con datos del cuestionario aplicado a los estudiantes

En cuanto a los promedios, en la calificación del pretest fue de 6.18 y en la calificación del postest de 7.15, ambos datos indican un incremento promedio real en el desempeño de los estudiantes de 1.21 puntos en una escala del 1 al 10, siendo esta la diferencia entre calificaciones promedios pretest y postest por estudiante en la muestra.

También se puede observar, si se busca la calidad del aprendizaje, que aumenta el número de usuarios del Laboratorio Virtual que obtienen nueve y diez de puntaje, ya que cambia del 15.10 en el pretest al 33.30 por ciento, en el postest.

En el Cuadro 8 se muestra en forma global el desempeño de los estudiantes en cada nivel del conocimiento.

Cuadro 8. Desempeño por niveles (Porcentajes por columna)

Diferencia pretest y postest	Desempeño en nivel 1	Desempeño en nivel 2	Desempeño en nivel 3
0	60.6	39.4	36.4
1	24.2	42.4	48.5
2	15.2	9.1	15.2
3		6.1	
5		3.0	

Fuente: Elaboración con datos del cuestionario aplicado a los estudiantes

Hay que señalar que el desempeño por nivel se obtiene de la diferencia entre el pretest y postest. Es así como, en el nivel 1, el 39.4 por ciento, de estudiantes logró mejorar el proceso de identificación.

En el nivel 2, el 60.6 por ciento avanzó de uno hasta cinco puntos, que corresponde al proceso de análisis, mientras que el 39.4 de los estudiantes no mejoró. Así también, en el nivel 3 de síntesis, el 63.7 por ciento de estudiantes tuvo un avance en más de un punto. Esto muestra que los elementos que en un inicio solo se identificaban, permanecen y con el uso del Laboratorio Virtual, se promueven los elementos de análisis y de síntesis, tan necesarios para el aprendizaje.

Conclusiones

Al evaluar los resultados se puede observar que el conocimiento sobre álgebra en la mayoría de los estudiantes alcanzó un buen avance en los procesos de identificación, análisis y síntesis y que es fundamental para aprender.

Con el uso del Laboratorio Virtual, se pueden evaluar y hacer pruebas de diferentes tipos de materiales y reactivos, además de monitorear el desempeño individual de cada uno de los estudiantes frente a distintos materiales y estilos de enseñanza de las matemáticas. De esta forma, se pueden identificar los factores que promueven u obstaculizan el aprendizaje en esta área de conocimiento y continuar con la búsqueda y elaboración de escenarios adecuados que ayuden a los estudiantes en la construcción de marcos referenciales sólidos tan necesarios. En primer lugar, para aprender y abordar cursos posteriores de matemáticas y, en segundo lugar, para aplicar lo aprendido en la solución de problemas en la vida cotidiana y profesional.

En el estudio se observa que, para orientar el aprendizaje significativo de los estudiantes de matemáticas, se pueden utilizar materiales educativos que para su adecuada construcción es conveniente usar el diseño instruccional, para realizar una planeación adecuada de las actividades y su forma de evaluación.

Se requiere también, preparar actividades y ejercicios que promuevan en el estudiante los procesos cognitivos de identificación, análisis y síntesis, con el objetivo de lograr la construcción de estructuras cognitivas adecuadas mediante los procesos de asimilación, acomodación y equilibración.

Con el Laboratorio Virtual es posible experimentar y tal vez encontrar algunos métodos y técnicas que sean útiles para disminuir el alto nivel de reprobación en matemáticas que, en general, presentan los estudiantes en los diferentes niveles escolares. A diferencia de otras generaciones, en el grupo de estudiantes que

participaron, se logró un buen aprendizaje de matemáticas y un índice mínimo de reprobación al finalizar el curso, y se piensa que las distintas estrategias de enseñanza que se incorporan en el Laboratorio Virtual, tuvieron su aporte en ello.

Con el uso de las nuevas tecnologías e incorporación de la IA, se generan actividades que sirven como andamiaje para orientar y evaluar el aprendizaje. Así, cada encuentro educativo se puede centrar en las necesidades individuales de cada estudiante y proporcionar información suficiente para evaluar el proceso en conjunto y agregar materiales y estrategias, para mejorar el desempeño de los estudiantes.

En la nueva sociedad del conocimiento y era de la inteligencia artificial, la presencia de nuevos medios y herramientas de información y comunicación, han causado una revolución social. Al sector educativo se le demanda una transformación urgente, tanto en el uso de nuevos modelos educativos que ajusten los roles del docente y del estudiante y la forma de interactuar con la información y acceder al conocimiento.

Es evidente que en el nivel universitario debemos tratar de dar respuesta a estas demandas sociales que exigen una reflexión del papel de la educación, del nuevo rol de sus actores, de la pertinencia de los contenidos en los programas de estudio, la incorporación de nuevas tecnologías e IA y su influencia en la reconstrucción de valores, conductas sociales y nuevas profesiones.

La tarea no es nada fácil, pero poco a poco podemos ir planeando, probando e incorporando en la práctica docente cotidiana nuevos ambientes educativos presenciales, virtuales o híbridos, orientados a la promoción del aprendizaje significativo de los estudiantes.

Los procesos de identificación, análisis y síntesis siguen siendo la base del aprendizaje matemático. La IA no sustituye estos procesos cognitivos, sino que los amplifica y reconfigura al ofrecer nuevas formas de reconocer patrones, explorar alternativas de resolución de problemas y construir soluciones y nuevos escenarios.

Las teorías constructivistas siguen vigentes, pero requieren ser contextualizadas en un marco tecnológico, que exige del estudiante competencias como el pensamiento crítico, la creatividad y la capacidad de colaboración hombre-máquina. En consecuencia, los docentes deben diseñar experiencias educativas que combinen la enseñanza con las posibilidades que ofrece la IA, favoreciendo un aprendizaje matemático bien estructurado orientado a la solución de problemas tan requerido por la sociedad del siglo XXI.

Referencias

- Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. Holt, Rinehart and Winston.
- Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of educational objectives: Handbook I, Cognitive domain*. DavidMcKay.
- Calderón, E. (1998). *Computadoras en la Educación*. Trillas.
- De Estrada, Á. M. (2000). *Uso de computadoras en la educación, una fundamentación pedagógica*. Arandé Soft, S.A.
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive–developmental inquiry. *American Psychologist*, 34(10), 906–911.
- IMCO. (2023). *PISA 2022: Dos de cada tres estudiantes en México no alcanzan el nivel básico de aprendizajes en Matemática*. <https://imco.org.mx/pisa-2022-dos-de-cada-tres-estudiantes-en-mexico-no-alcanzan-el-nivel-basico-de-aprendizajes-enmatematicas/#:~:text=PISA%202022:%20Dos%20de%20cada,b%C3%A1sico%20de%20aprendizajes%20en%20Matem%C3%A1ticas>
- Kalinga State University. (2025). *Error Analysis in the Operations of Algebraic Expressions of Grade 8 Students*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/348808451_Error_Analysis_in_the_Operations_of_Algebraic_Expressions_of_Grade_8_Students_at_Kalinga_State_University_Laboratory_High_School
- Kuldas, S., Ismail, H., Hashim, S. Bakar, Z. (2013) Unconscious learning processes: mental integration of verbal and pictorial instructional materials. *NLM, Springerplus*. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3612179/#_ci93_
- Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). *Intelligence unleashed: An argument for AI in education*. Pearson.
- Luna, M., Ayala, S. y Rosas, P. (2021). *El diseño instruccional. Elemento clave para la innovación en el aprendizaje: Modelos y Enfoques*. https://mta.udg.mx/sites/default/files/adjuntos/el_diseno_instruccional_interactivo.pdf
- Martínez, N. (2003). *Planeación de estrategias para la enseñanza de las matemáticas*. Tesis de grado en Planeación y evaluación de la educación, Universidad de Santamaría..
- Moreno, A. (1989). Metaconocimiento y aprendizaje escolar, *Cuadernos de Pedagogía*, (173) 53-58.
- Osses, S. y Jaramillo, S. (2008). Metacognición: un camino para aprender a aprender. *Estudios Pedagógicos (Valdivia)*, 34(1), 187-197. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07052008000100011&script=sci_arttext

- Piaget, J. (1969). *Psicología y Pedagogía*. Ariel.
- , (1970). *Psicología y epistemología: Hacia una teoría del conocimiento*. Buenos Aires.
- , (1972). *The psychology of the child*. Basic Books.
- , (1975). *La equilibración de las estructuras cognitivas: Problema central del desarrollo*. Siglo XXI.
- , (1997). *La equilibration des structures cognitives: Problème central du développement*. Presses Universitaires de France. (Fuente original clásica de la teoría de la equilibración).
- Puente, A., Poggioli, L., Navarro, A. (1989). *Psicología cognoscitiva: Desarrollo y perspectivas*. McGraw Hill.
- Wood, D., Bruner, J. S., Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17(2), 89–100. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1976.tb00381.x>
- Vygotsky, L. S. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Paidós.