



APRENDIZAJE DE ANÁLISIS MATEMÁTICO MEDIANTE AGENTES INTELIGENTES

Learning Mathematical Analysis Using Intelligent Agents

Portugal Duran, Willy Ernesto

CEPIES-Docente Investigador

Universidad Mayor de San Andrés

willy.portugal@gmail.com

La Paz, Bolivia

RESUMEN

El artículo presenta un enfoque novedoso para mejorar el aprendizaje de Análisis Matemático mediante el uso de agentes inteligentes, integrados con el modelo de aprendizaje experiencial de Kolb. Este enfoque se centra en personalizar el proceso educativo, adaptándolo a los diferentes estilos de aprendizaje de los estudiantes, Kolb clasifica en activo, reflexivo, teórico y pragmático. Los agentes inteligentes actúan como tutores personalizados, proporcionando retroalimentación y guía en cada paso, lo que facilita una comprensión más profunda y duradera de los conceptos matemáticos en comparación con métodos tradicionales. El sistema pedagógico consta de cuatro módulos: interfaz, dominio, tutor y estudiante. Estos módulos se coordinan para monitorear el progreso de los estudiantes, identificar errores y ofrecer intervenciones necesarias para corregirlos, generando una experiencia de aprendizaje continuo y dinámico promoviendo así un ambiente interactivo y centrado en el estudiante. La investigación, realizada en estudiantes de Análisis Matemático I, revela que los estilos de aprendizaje predominantes en este grupo son el convergente y el asimilador, que coinciden bien con los requerimientos analíticos y lógicos de la materia. Los resultados muestran que los estudiantes que interactúan con el agente pedagógico obtienen mejores calificaciones y mayor satisfacción con el proceso de aprendizaje. El estudio concluye que la integración de agentes inteligentes puede transformar la educación universitaria, especialmente en disciplinas complejas. Esta tecnología tiene el potencial de ser implementada en otras áreas, promoviendo un aprendizaje personalizado que atienda las necesidades individuales de los estudiantes y mejore su desempeño académico, ampliando las posibilidades de una educación más adaptativa y eficaz.

Palabras Claves: Agente, combinatorio, Kolb.



ABSTRACT

The article presents a novel approach to improve the learning of Mathematical Analysis through the use of intelligent agents, integrated with Kolb's experiential learning model. This approach focuses on personalizing the educational process, adapting it to the different learning styles of students, Kolb classifies them as active, reflective, theoretical and pragmatic. Intelligent agents act as personalized tutors, providing feedback and guidance at every step, facilitating a deeper, longer-lasting understanding of mathematical concepts compared to traditional methods. The pedagogical system consists of four modules: interface, domain, tutor and student. These modules are coordinated to monitor student progress, identify errors and offer necessary interventions to correct them, generating a continuous and dynamic learning experience, thus promoting an interactive and student-centered environment. The research, carried out on Mathematical Analysis I students, reveals that the predominant learning styles in this group are convergent and assimilative, which coincide well with the analytical and logical requirements of the subject. The results show that students who interact with the pedagogical agent obtain better grades and greater satisfaction with the learning process. The study concludes that the integration of intelligent agents can transform university education, especially in complex disciplines. This technology has the potential to be implemented in other areas, promoting personalized learning that meets the individual needs of students and improves their academic performance, expanding the possibilities of a more adaptive and effective education.

Keywords: Agent, combinatorial, Kolb.

INTRODUCCIÓN

El proceso de aprendizaje en estudiantes universitarios es un fenómeno multifacético que integra factores cognitivos, emocionales y contextuales, interactuando en un entorno donde las metodologías tradicionales a menudo enfrentan limitaciones significativas.

En un mundo cada vez más digitalizado, la educación superior debe replantearse para responder a las diversas necesidades de los estudiantes y prepararlos para un futuro que demanda habilidades analíticas, creativas y tecnológicas. En este marco, el aprendizaje experiencial y el uso de

herramientas basadas en inteligencia artificial (IA) emergen como alternativas prometedoras para transformar la enseñanza en disciplinas complejas como el Análisis Matemático.

El modelo de aprendizaje experiencial de Kolb es especialmente relevante en este contexto, ya que proporciona una estructura teórica que conecta la experiencia directa, la reflexión crítica, la conceptualización abstracta y la aplicación práctica. Este enfoque no solo respeta las diferencias individuales en los estilos de aprendizaje, sino que también establece un marco dinámico que puede ser potenciado con tecnologías modernas.

Los agentes inteligentes, diseñados para actuar como tutores personalizados, representan una solución innovadora que integra las fortalezas del modelo de Kolb con las capacidades de personalización, diagnóstico y retroalimentación en tiempo real que ofrece la IA. Al hacerlo, estos agentes permiten no abordar solo la diversidad de estilos de aprendizaje, sino también los desafíos específicos del análisis lógico y analítico requeridos en el ámbito matemático.

Este artículo explora la implementación de un sistema de agentes pedagógicos adaptativos, diseñado para mejorar el aprendizaje de Análisis Matemático I en la educación superior. El sistema combina principios del modelo de Kolb con una arquitectura modular avanzada que permite monitorear el progreso de los estudiantes, identificar errores y ofrecer intervenciones personalizadas para fortalecer las fases menos desarrolladas del aprendizaje. Además, se investigan las implicaciones de este enfoque en términos de rendimiento académico, satisfacción estudiantil y potencial de generalización a otras disciplinas. Este estudio busca contribuir al desarrollo de metodologías innovadoras que no solo mejoren

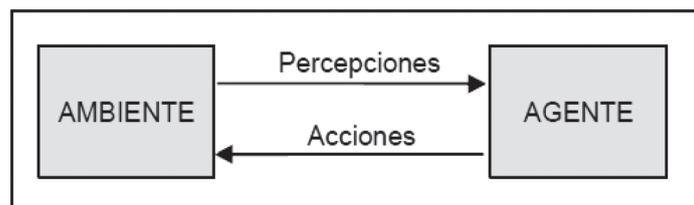
la experiencia educativa, sino que también promuevan un aprendizaje más inclusivo, interactivo y transformador, adaptado a las demandas de una sociedad en constante evolución.

Agentes inteligentes y agentes pedagógicos

Las tecnologías de información ofrecen oportunidades para replantear a fondo el proceso de adquisición del conocimiento y permiten lograr, entre otros, los siguientes beneficios: integración de medios como ser el texto, audio, animación y vídeo, interactividad, acceso a grandes cantidades de información, planes y ritmos de trabajo individualizados y respuesta inmediata al progreso del aprendiz. Para lograr estos beneficios se propone el uso de las tecnologías de inteligencia artificial y agentes computacionales (Cassany, 2002).

La creación de agentes inteligentes plantea seleccionar y ejecutar acciones, basado en criterios específicos y percepciones, y a la vez, su entorno reacciona a estas acciones, generando sucesos que son percibidos por el agente. La Figura 1 muestra la estructura básica de este tipo de agentes:

Figura 1. Estructura básica de un agente



Fuente: (Johnson, Rickel y Lester, 2000)

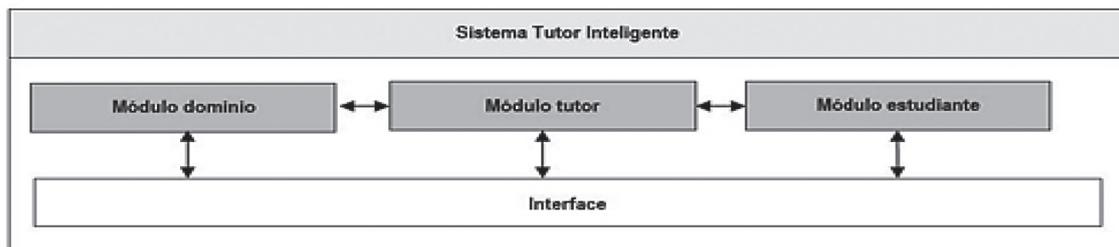


La evolución de la Inteligencia Artificial ha permitido desarrollar propuestas de investigación que ayudan en el proceso de aprendizaje. Asimismo, la educación es una de las piezas angulares de la sociedad, por lo que aprovecha los avances tecnológicos para mejorarla en todo sentido.

Arquitectura del sistema inteligente

La arquitectura del agente pedagógico propone cuatro módulos: módulo de interfaz, módulo del dominio, módulo del profesor o tutor y módulo del estudiante; de los cuales se muestra en la siguiente figura:

Figura 2. Arquitectura clásica de un Sistema Tutor Inteligente



Fuente: Carbonell (1970)

El núcleo del agente pedagógico es el módulo del tutor que incluye conocimiento sobre un análisis combinatorio o combinatoria que proporciona respuestas ideales a preguntas y corrigen no solo un resultado final sino cada pequeña etapa de razonamiento intermedio que se dé en cada respuesta. Esto permite mostrar y modelar una forma correcta de resolver un problema lógico matemático. Con frecuencia, como un tutor humano, puede generar muchos caminos de respuestas diferentes o estructuras objetivo. Las mismas estructuras de datos detalladas del experto y las soluciones que genera al resolver un problema determinado que permite explicar el razonamiento en niveles de detalle que son arbitrarios y por lo cual monitorizan a un estudiante mientras resuelve un problema, si cada etapa es correcta. Para dar soporte o seguimiento con frecuencia se crea y actualiza el modelo del estudian-

te, que refleja las intervenciones correctas que el agente cree que el estudiante conoce. Cada vez que el estudiante comete un error, el agente diagnostica el problema actualizando el modelo del estudiante y a continuación intenta remediarlo con un mensaje muy detallado acerca de cómo el experto habría operado en esta etapa. Este proceso se repite a cada paso en la evolución hacia la solución completa de un problema.

El módulo del dominio contiene el conocimiento acerca del análisis combinatorio, el que luego es contrastado con el del estudiante para poder estimar la diferencia y actualizar el modelo del alumno. Este modelo requiere una buena representación formal de cada nodo de conocimiento y de sus enlaces, es representado por mapas conceptuales o grafos. En el diseño se ha preferido la representación de este cono-



cimiento a través de diagramas de casos de uso, lo que permite un enlace de cada nodo y una descripción de cada uno de ellos. Por lo cual se puede describir y detallar su arquitectura en la figura siguiente:

- *Módulo del estudiante:* Este módulo abarca toda la información del estudiante sobre el dominio y refleja cuánto él conoce de las experiencias cognitivas, del cual puede obtenerse un diagnóstico hasta un historial de su aprendizaje.
- *Módulo del tutor o profesor:* Tiene conocimiento acerca de las capacidades, estrategias y tácticas de enseñanza que el sistema tutorial evidenciará como inteligentes en su interacción con el estudiante, las cuales se seleccionan en función de las características de cada estudiante.
- *Módulo del Dominio o dominio pedagógico:* Posee el contenido del curso, representa el dominio que se puede enseñar al estudiante, el cual comprende los conocimientos que se desean transmitir a los estudiantes.
- *Módulo de Interfaz:* Medio de interacción entre el tutor, el estudiante y el conocimiento.

El Modelo de Agente Pedagógico en el Aprendizaje del Análisis Combinatorio representado por las siglas MAPAAC del cual posee una serie de modelos diferentes en su elaboración.

El modelo del estudiante y el modelo del dominio son las bases de datos encargadas de almacenar el conocimiento que

mantiene el sistema del estudiante y del dominio respectivamente, y, por otro lado, los módulos del estudiante, del dominio y del tutor, que representan los métodos implementados en el sistema, encargados de realizar las operaciones necesarias para mantener los modelos y para interactuar con el estudiante.

Modelo de Kolb

El Modelo de Aprendizaje Experiencial de David Kolb es una teoría del aprendizaje que pone énfasis en la importancia de la experiencia directa en el proceso de aprendizaje. Desarrollado en 1984, este modelo conceptualiza el aprendizaje como un ciclo continuo de cuatro etapas. Según Kolb, el aprendizaje es “el proceso por el cual el conocimiento se crea a través de la transformación de la experiencia” (Kolb, 1984, p. 38).

El modelo de Kolb se compone de cuatro etapas interrelacionadas:

- a) **Experiencia Concreta (EC):** En esta etapa, los individuos participan en una experiencia directa y tangible. Es el punto de partida del ciclo de aprendizaje, donde se involucra activamente en una actividad específica.
- b) **Observación Reflexiva (OR):** Después de la experiencia concreta, los individuos reflexionan sobre lo que han experimentado. Esta reflexión puede incluir observar y analizar lo que sucedió, identificar patrones y considerar los resultados.
- c) **Conceptualización Abstracta (CA):** Los individuos utilizan la reflexión para desarrollar teorías, conceptos o modelos que expliquen la expe-



riencia. En esta etapa se produce la abstracción y la generalización, donde se forman nuevas ideas

- d) **Experimentación Activa (EA):** Finalmente, los individuos aplican las teorías y conceptos desarrollados a nuevas situaciones a través de la experimentación activa. Esta aplicación puede llevar a nuevas experiencias concretas, reiniciando así el ciclo de aprendizaje.

De acuerdo a Kolb, la forma en que las personas pasan por estas cuatro fases da lugar a cuatro estilos de aprendizaje diferentes:

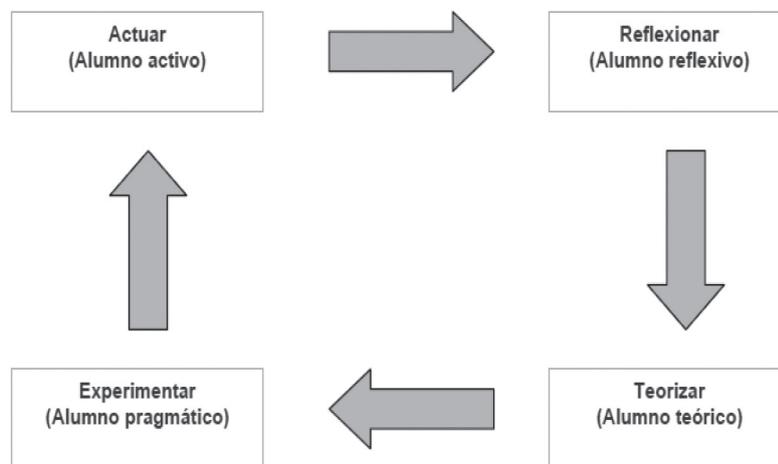
- **Activo:** Los estudiantes prefieren aprender a través de experiencias prácticas y actividades dinámicas.

Son buenos para resolver problemas y trabajar en equipo.

- **Reflexivo:** Se aprende observando y reflexionando sobre las experiencias, los mismos son buenos para analizar información y resolver problemas de manera individual.
- **Teórico:** Se aprende a través de ideas abstractas y conceptos teóricos, los estudiantes piensan de manera lógica y sistemática.
- **Pragmático:** Los estudiantes prefieren aprender a través de la experimentación y la aplicación práctica de los conocimientos, además son buenos para poner en práctica lo que aprenden y encontrar soluciones creativas a los problemas.

Según el modelo de Kolb un aprendizaje óptimo es el resultado de trabajar la información en cuatro fases como se muestra en la siguiente figura:

Figura 3. Fases de aprendizaje según Kolb



Fuente: Kolb (1984)



En la práctica, la mayoría de los estudiantes aplican una fase, o como mucho en dos, de esas cuatro fases, por lo que se pueden diferenciar cuatro tipos de estudiantes, dependiendo de la fase en la que prefieran trabajar:

- a) Estudiante activo.
- b) Estudiante reflexivos.
- c) Estudiante teórico.
- d) Estudiante pragmático.

En la fase del aprendizaje en la que se aplica o se utiliza en el proceso de aprendizaje, el mismo resultará más fácil o más difícil de aprender de cómo se lo aplique y depende cómo se lo trabajen en el aula.

Un aprendizaje óptimo requiere de las cuatro fases, por lo que será conveniente presentar la materia de tal forma que garantice actividades que cubran todas las fases de la rueda de Kolb. Con eso por una parte se facilitará el aprendizaje de todos los alumnos, cualquiera que sea su estilo preferido y, además, se les ayudará a potenciar las fases con los que se encuentran más cómodos. (Kolb, 1984)

Kolb también identificó cuatro estilos de aprendizaje, que son preferencias individuales para cada etapa del ciclo de aprendizaje. Estos estilos se derivan de las combinaciones de las dos dimensiones del ciclo (activa-reflexiva y concreta-abstracta):

- **Convergente:** Preferencia por la conceptualización abstracta y la experimentación activa. Los convergentes son buenos para resolver problemas prácticos y tomar decisiones con base en teorías.
- **Divergente:** Preferencia por la ex-

periencia concreta y la observación reflexiva. Los divergentes son creativos, tienen una gran imaginación y son buenos en la generación

- **Asimilador:** Preferencia por la conceptualización abstracta y la observación reflexiva. Los asimiladores son fuertes en la creación de modelos teóricos y la integración de ideas complejas.
- **Alojamiento:** Preferencia por la experiencia concreta y la experimentación activa. Los acomodadores son prácticos, disfrutan de nuevas experiencias y son buenos en la adaptación y ejecución.

MATERIALES Y MÉTODOS

Según Hernández, Fernández y Baptista (2021), “la metodología de la investigación es el conjunto de procedimientos y técnicas utilizados para llevar a cabo una investigación de manera sistemática y rigurosa” (p. 4). En tal caso la metodología utilizada es deductiva que se partirá de premisas particulares partiendo de la observación de los fenómenos o hechos de la realidad para llegar a una conclusión general.

Se usará los siguientes métodos empíricos:

- a) **Observación:** Consiste en seleccionar patrones de conductas para analizar, describir y explicar el comportamiento del razonamiento lógico en los estudiantes de tal manera que sean válidas. El instrumento será la guía de observación.
- b) **Encuesta:** Se aplicará este procedimiento para recopilar datos mediante un cuestionario previamente diseñado.



c) **Entrevista:** La entrevista se realizará a estudiantes de un paralelo para obtener y contrastar información. El instrumento a utilizar será la guía de entrevista estructurada.

El tipo de investigación es explicativa, la cual se refiere a explicar cómo el uso de agentes inteligentes influye en el aprendizaje de los estudiantes. Se buscarán establecer relaciones causales entre la intervención del modelo de agente inteligentes y la mejora en el razonamiento lógico de los estudiantes y las habilidades de razonamiento lógico.

La población de estudio son los estudiantes de la materia Análisis Matemático I del primer semestre de la Carrera de Economía de la Universidad Mayor de San An-

drés del cual se considera una muestra de un solo paralelo de estudiantes, tomando elementos cuasi-experimentales de 46 estudiantes para así conformar dos grupos de análisis: G1 (Grupo de Control) que tiene un total de 23 estudiantes y G2 (Grupo Experimental) que tiene un total de 23 estudiantes.

RESULTADOS

Los datos se analizaron utilizando técnicas estadísticas descriptivas e inferenciales como análisis de frecuencia, medias y desviación estándar.

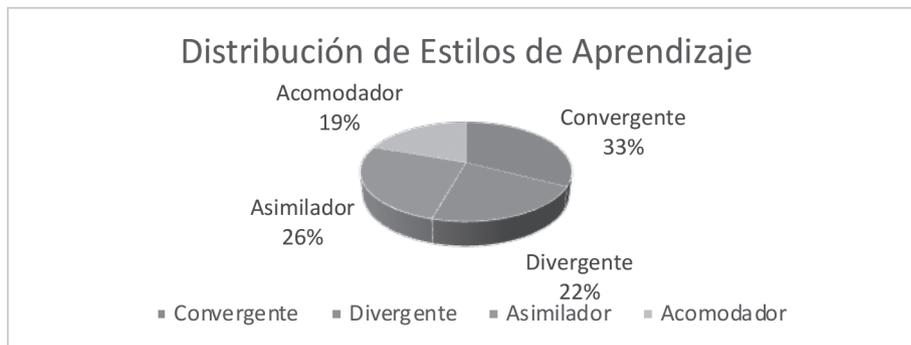
Se aplicó una ANOVA para analizar si hay diferencias significativas en las calificaciones entre los diferentes estilos de aprendizaje.

Tabla 1. Tabla: Distribución de Estilos de Aprendizaje

Estilo de Aprendizaje	Número de Estudiantes	Porcentaje (%)
Convergente	15	32.61%
Divergente	10	21.74%
Asimilador	12	26.09%
Acomodador	9	19.57%

Fuente: Elaboración propia

Figura 4. Distribución de Estilos de Aprendizaje



Fuente: Elaboración propia



La distribución de los estilos de aprendizaje representada en el gráfico de torta, evidencia que los estilos convergentes (32,61%) y asimilador (26,09%) son los más predominantes entre los estudiantes de Análisis Matemático I. En contraste, los estilos divergente (21,74%) y acomodador (19,57%) tienen una representación menor, lo que refleja una diversidad signifi-

cativa en las preferencias de aprendizaje dentro del aula. Este análisis resalta la importancia de implementar metodologías pedagógicas adaptativas y diversificadas que no solo responden a los estilos predominantes, sino que también promueven el desarrollo académico equitativo para todos los estudiantes, independientemente de sus diferencias en la forma de aprender.

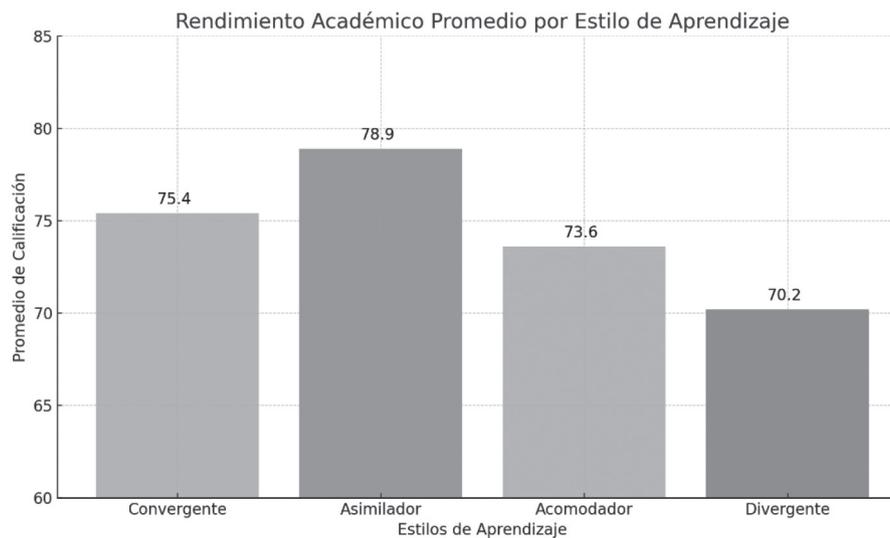
Análisis Descriptivo de Rendimiento Académico

Tabla 2. Media de Calificaciones por Estilo de Aprendizaje

Estilo de Aprendizaje	Media de Calificación	Desviación Estándar
Convergente	75.4	8.5
Divergente	70.2	10.3
Asimilador	78.9	7.4
Acomodador	73.6	9.1

Fuente: Elaboración propia

Figura 5. Media de Calificaciones



Fuente: Elaboración propia



El gráfico ilustra el rendimiento académico promedio de los estudiantes en Análisis Matemático I según su estilo de aprendizaje, evidenciando diferencias significativas entre los grupos. Los estudiantes con estilo asimilado presentan el rendimiento más alto (78,9), seguidos por los convergentes (75,4). Estos resultados reflejan una fuerte alineación entre las características analíticas y conceptuales de estos estilos con las demandas académicas de la materia, lo que sugiere que las metodologías actuales favorecen a estos perfiles. Por el contrario, los estilos acomodador (73,6) y divergente (70,2) muestran promedios menores, indicando que enfrentan mayores dificultades en el contexto del curso.

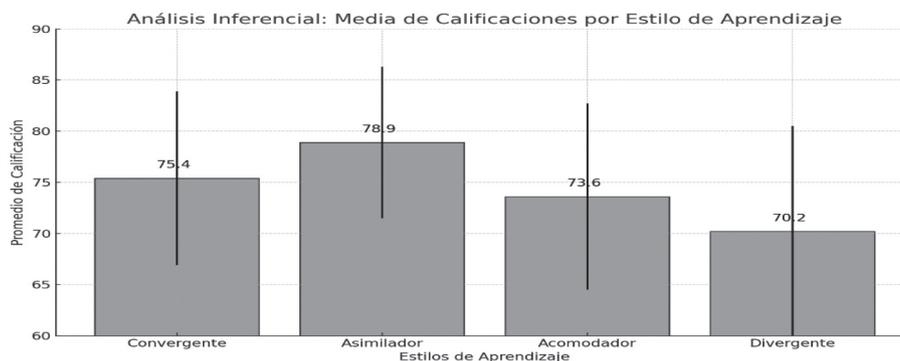
Este patrón de resultados subraya la necesidad de diversificar las estrategias pedagógicas para atender de manera equitativa a todos los estilos de aprendizaje. Mientras que los estilos predominantes se benefician de las actividades tradicionales, los estilos menos favorecidos podrían experimentar mejoras significativas mediante la inclusión de tareas prácticas, colaborativas y creativas. Estos hallazgos refuerzan la relevancia de implementar agentes pedagógicos que adaptan dinámicamente el

proceso educativo, maximizando el potencial de cada estudiante y promoviendo un aprendizaje inclusivo y eficaz en entornos universitarios diversos.

Análisis Inferencial

El análisis estadístico mediante ANOVA ($p = 0.033$) y el valor $F = 3.21$ confirman diferencias significativas en las calificaciones promedio según los estilos de aprendizaje, lo que refuerza la hipótesis de que un enfoque educativo homogéneo no es suficiente en aulas universitarias diversas. La integración de agentes pedagógicos como apoyo personalizado destaca como una solución viable para superar estas limitaciones. Estos agentes, al adaptarse dinámicamente a los estilos de aprendizaje de cada estudiante, no solo aumentan la efectividad del proceso educativo, sino que también mejoran la motivación y satisfacción del estudiante, factores críticos para la retención del conocimiento y el compromiso con el aprendizaje. *Dado que $p < 0.05$, se concluye que existen diferencias significativas en las calificaciones medias según el estilo de aprendizaje de los estudiantes.*

Figura 6. Análisis inferencial





El gráfico representa el análisis inferencial, que muestra las medias de calificación de los estudiantes según sus estilos de aprendizaje junto con las desviaciones estándar como barras de error. Se evidencia que los estilos convergente y asimilador tienen mayores calificaciones promedio y menor variabilidad, mientras que los estilos acomodador y divergente presentan tanto menores promedios como mayor dispersión, reflejando una posible necesidad de adaptar metodologías pedagógicas.

Los resultados del estudio en general muestran que el estilo de aprendizaje predominante en la clase de Análisis Matemático I es el Convergente, seguido del Asimilador. Estos estilos de aprendizaje están alineados con las habilidades requeridas para el razonamiento lógico y analítico, fundamentales en matemáticas. Los estudiantes con un estilo Asimilador, quienes tienen una tendencia a conceptualizar y analizar profundamente, mostraron las calificaciones más altas en promedio, lo que sugiere que este estilo de aprendizaje podría ser más efectivo para el éxito académico.

La detección de diferencias significativas refuerza la necesidad de adaptar las metodologías de enseñanza para satisfacer las diversas necesidades de los estudiantes, lo que podría conducir a mejoras significativas en los resultados académicos en la materia.

Análisis descriptivo

- **Diversidad de Estilos:** Existe una diversidad significativa en los estilos de aprendizaje de los estudiantes, con predominancia de los estilos Convergente y Asimilador, los cuales parecen estar mejor alineados con las exigencias académicas en la materia de Análisis Matemático I.

- **Relación entre Estilo de Aprendizaje y Rendimiento:** Los estudiantes con estilos de aprendizaje Asimilador y Convergente tienden a tener un mejor rendimiento académico, lo que sugiere que estos estilos son más adecuados para las actividades analíticas y de resolución de problemas propias de la materia.
- **Necesidad de Diversificación de Métodos de Enseñanza:** Aunque los estilos Convergente y Asimilador son predominantes y están asociados con un mayor rendimiento académico, una proporción significativa de estudiantes se identificó con los estilos Divergente y Acomodador. Estos estudiantes pueden enfrentar dificultades adicionales en el desarrollo de razonamiento lógico en el contexto de matemático, debido a la estructura tradicional del curso, que favorece la conceptualización y aplicación teórica-práctica. Por lo tanto, es necesario diversificar los métodos de enseñanza para incluir más actividades prácticas, discusiones en grupo y aplicaciones del mundo real que puedan beneficiar a estos estudiantes, asegurando así que todos los estilos de aprendizaje sean atendidos de manera efectiva.

DISCUSIONES

El agente inteligente diseñado para el aprendizaje de Análisis Matemático muestra una alineación efectiva con el ciclo de aprendizaje de Kolb. Cada etapa del ciclo experiencia concreta, observación reflexiva, conceptualización abstracta y experimentación activa se ve reflejada en las interacciones que los estudiantes tienen con el agente. Este modelo de aprendizaje no solo permite que el agente se adapte a los diferentes estilos de aprendizaje identificados por Kolb (divergente, asimilador, con-



vergente, acomodador), sino que también potencia la personalización del proceso educativo.

Los resultados obtenidos en el estudio destacan la influencia de los estilos de aprendizaje en el rendimiento académico de los estudiantes de Análisis Matemático I. La prevalencia de los estilos convergente (32,61%) y asimilado (26,09%) está directamente relacionada con las características analíticas y lógicas de la materia, reflejándose en calificaciones promedio más altas (75,4 y 78,9, respectivamente). Sin embargo, los estilos divergente y acomodador, con menores promedios (70.2 y 73.6), evidencian que los métodos tradicionales y el diseño del curso pueden no estar respondiendo adecuadamente a sus necesidades. Este hallazgo subraya la importancia de diversificar las estrategias pedagógicas, incorporando actividades prácticas, creativas y colaborativas que enriquecen la experiencia.

El agente pedagógico desarrollado, alineado con el modelo de aprendizaje experiencial de Kolb, demuestra un impacto positivo en la personalización del proceso educativo. Al integrar las cuatro etapas del ciclo de aprendizaje —experiencia concreta, observación reflexiva, conceptualización abstracta y experimentación activa—, el agente no solo facilita la adquisición de conceptos complejos, sino que también promueve un aprendizaje más dinámico y significativo. Los resultados del ANOVA ($p = 0.033$) confirman diferencias significativas en el rendimiento según el estilo de aprendizaje, validando la eficacia del agente en atender las necesidades específicas de los estudiantes y en superar las limitaciones de las metodologías tradicionales.

El impacto del agente en la comprensión y retención de conceptos en Análisis Matemático es notable. Los estudiantes no solo logran una mayor asimilación de los conceptos teóricos, sino que también muestran un aumento en su capacidad para aplicar estos conceptos a problemas prácticos. Ejemplos específicos dentro del estudio indican que aquellos estudiantes que interactuaron con el agente demostraron mejoras significativas en comparación con aquellos que siguieron métodos tradicionales.

Al comparar la implementación del agente con métodos tradicionales, se observa una clara ventaja en términos de motivación y satisfacción estudiantil. Los estudiantes muestran una mayor predisposición a participar activamente en el proceso de aprendizaje, lo que sugiere que el agente contribuye a un entorno educativo más dinámico y centrado en el estudiante.

Además de mejorar el rendimiento académico, el agente inteligente incrementó la satisfacción y motivación de los estudiantes, aspectos clave para un aprendizaje duradero. Su arquitectura modular lo posiciona como una herramienta adaptable a otras disciplinas, ampliando su impacto potencial más allá del ámbito matemático. No obstante, se identifican desafíos, como optimizar el soporte para estilos divergentes y acomodadores, lo que podría lograrse a través de módulos adicionales enfocados en creatividad y aplicación práctica.

CONCLUSIONES

Los resultados del estudio confirman que los agentes inteligentes pueden ser herramientas poderosas para mejorar el aprendizaje en Análisis Matemático. La



integración del ciclo de Kolb en el diseño del agente ha demostrado ser clave para la personalización y efectividad del proceso educativo. Esto sugiere que los agentes inteligentes no solo facilitan la comprensión teórica, sino que también mejoran la capacidad de los estudiantes para aplicar lo aprendido de manera práctica.

Las implicaciones para la enseñanza universitaria son significativas. La incorporación de agentes inteligentes podría convertirse en un componente esencial en la educación superior, promoviendo un enfoque más adaptativo y centrado en el

estudiante. Este enfoque no solo es aplicable a Análisis Matemático, sino que podría extenderse a otras disciplinas, ofreciendo un potencial de mejora en la enseñanza de diversas materias.

Para futuras investigaciones, se recomienda explorar el uso de agentes inteligentes en otras áreas de la matemática y en diferentes niveles educativos. Además, sería valioso investigar cómo diferentes configuraciones del agente pueden maximizar los beneficios para estilos de aprendizaje específicos, optimizando aún más la experiencia educativa personalizada.

BIBLIOGRAFÍA

- Carbonell, J. R. (1970). AI in CAI: An Artificial Intelligence approach to Computer Assisted Instruction. *IEEE transaction on Man Machine System*, 11(4), 190-202.
- Cassany, D. (2002). *La alfabetización digital*. Ediciones de la Universidad Pompeu Fabra, Barcelona.
- Johnson, W., Rickel, J. y Lester J. (2000). *Animated Pedagogical Agents: Face-to-Face Interaction in Interactive Learning Environments*, *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 11(2000), 47-78.
- Hernández, R. Fernández, C. y Baptista, P. (2021). *Metodología de la Investigación*. 7ma. Ed. México: McGRAW-HILL.
- Kolb, D. A. and Fry, R. (1975). *Toward an applied theory of experiential learning*. in C. Cooper (ed.), *Theories of Group Process*, London: John Wiley.
- Kolb, D.A. (1984). *Aprendizaje experiencial: la experiencia como fuente de aprendizaje y desarrollo*.

Fecha de recepción: 9 de noviembre 2024
Fecha de aceptación: 9 de diciembre 2024