



Avances en la enseñanza de álgebra lineal: una revisión bibliográfica de estrategias didácticas

Advances in the teaching of linear algebra: a bibliographic review of teaching strategies

Avanços no ensino da álgebra linear: uma revisão bibliográfica das estratégias de ensino

Bayron Danilo Astudillo Gallegos ^I
daniantonioag@outlook.com
<https://orcid.org/0009-0004-9632-6036>

Mireya Janneth Montenegro Romo ^{II}
cfm.mm.mate@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0004-5236-3580>

José Daniel Merino Morocho ^{III}
jodameri1972@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0006-7720-5807>

Jessica Karina Montero Siavichay ^{IV}
jmontero.1621@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0008-1149-4751>

Correspondencia: daniantonioag@outlook.com

Ciencias de la Educación
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 26 de junio de 2025 ***Aceptado:** 29 de julio de 2025 * **Publicado:** 11 de agosto de 2025

- I. Unidad educativa Dr Camilo Gallegos Domínguez Macas, Ecuador.
- II. Unidad Educativa Municipal Fernández Madrid, Ecuador.
- III. Unidad Educativa " Manuel Carrión Pinzano", Ecuador.
- IV. Escuela de Educación Básica Manuela Mogrovejo, Ecuador.

Resumen

El álgebra lineal constituye un pilar fundamental en la formación matemática de estudiantes universitarios y técnicos, debido a su amplia aplicabilidad en ingeniería, ciencias exactas, economía y computación. No obstante, su enseñanza ha sido históricamente un reto pedagógico, ya que los conceptos abstractos, la notación simbólica y la conexión entre teoría y práctica suelen generar dificultades de comprensión y altos índices de deserción en las asignaturas relacionadas.

El presente artículo realiza una revisión bibliográfica de investigaciones recientes sobre estrategias didácticas aplicadas a la enseñanza del álgebra lineal, analizando enfoques tradicionales y metodologías innovadoras, como el aprendizaje basado en problemas, el uso de software matemático, la gamificación y las estrategias visuales. La revisión incluyó estudios publicados entre 2015 y 2024 en bases de datos como Scopus, Web of Science y Scielo, priorizando aquellos con evidencia empírica sobre mejoras en el rendimiento académico y la motivación estudiantil.

Los resultados de esta revisión indican que la implementación de recursos tecnológicos, el diseño de actividades contextualizadas y la combinación de estrategias activas y colaborativas favorecen la comprensión profunda de los contenidos, incrementan la retención de conocimientos y fortalecen la capacidad de aplicación en contextos reales. Asimismo, se identifican desafíos persistentes, como la necesidad de capacitación docente y la adaptación de estrategias a contextos con limitaciones tecnológicas.

Palabras Clave: álgebra lineal; estrategias didácticas; enseñanza universitaria; innovación educativa; aprendizaje activo.

Abstract

Linear algebra is a fundamental pillar in the mathematical education of university and technical students due to its broad applicability in engineering, exact sciences, economics, and computer science. However, its teaching has historically been a pedagogical challenge, as abstract concepts, symbolic notation, and the connection between theory and practice often generate comprehension difficulties and high dropout rates in related subjects.

This article conducts a bibliographic review of recent research on teaching strategies applied to the teaching of linear algebra, analyzing traditional approaches and innovative methodologies, such as problem-based learning, the use of mathematical software, gamification, and visual strategies. The review included studies published between 2015 and 2024 in databases such as Scopus, Web of

Science, and Scielo, prioritizing those with empirical evidence of improvements in academic performance and student motivation.

The results of this review indicate that the implementation of technological resources, the design of contextualized activities, and the combination of active and collaborative strategies promote a deeper understanding of content, increase knowledge retention, and strengthen the ability to apply it in real-life contexts. Likewise, persistent challenges are identified, such as the need for teacher training and the adaptation of strategies to contexts with technological limitations.

Keywords: Linear algebra; teaching strategies; university teaching; educational innovation; active learning.

Resumo

A álgebra linear é um pilar fundamental na formação matemática de estudantes universitários e técnicos devido à sua ampla aplicabilidade em engenharias, ciências exatas, economia e ciência da computação. No entanto, o seu ensino tem sido historicamente um desafio pedagógico, dado que os conceitos abstratos, a notação simbólica e a ligação entre a teoria e a prática geram frequentemente dificuldades de compreensão e elevadas taxas de abandono em disciplinas afins. Este artigo realiza uma revisão bibliográfica de investigação recente sobre estratégias de ensino aplicadas ao ensino da álgebra linear, analisando abordagens tradicionais e metodologias inovadoras, como a aprendizagem baseada em problemas, a utilização de software matemático, a gamificação e estratégias visuais. A revisão incluiu estudos publicados entre 2015 e 2024 em bases de dados como a Scopus, Web of Science e Scielo, dando prioridade àqueles com evidência empírica de melhorias no desempenho académico e na motivação dos alunos.

Os resultados desta revisão indicam que a implementação de recursos tecnológicos, o desenvolvimento de atividades contextualizadas e a combinação de estratégias ativas e colaborativas promovem uma compreensão mais aprofundada do conteúdo, aumentam a retenção do conhecimento e fortalecem a capacidade de o aplicar em contextos da vida real. Da mesma forma, são identificados desafios persistentes, como a necessidade de formação de professores e a adaptação das estratégias a contextos com limitações tecnológicas.

Palavras-chave: Álgebra linear; estratégias de ensino; ensino universitário; inovação educativa; aprendizagem ativa.

Introducción

El álgebra lineal es una disciplina esencial en la formación universitaria de áreas como ingeniería, física, estadística, ciencias computacionales y economía, dado que proporciona herramientas conceptuales y técnicas para modelar y resolver problemas complejos. Conceptos como vectores, matrices, espacios vectoriales y transformaciones lineales constituyen la base de numerosos avances científicos y tecnológicos.

Sin embargo, la enseñanza del álgebra lineal enfrenta dificultades recurrentes en el ámbito educativo. Diversos estudios han reportado que los estudiantes presentan problemas para vincular los conceptos abstractos con situaciones prácticas, lo que se traduce en bajos niveles de comprensión, desmotivación y, en algunos casos, abandono de la asignatura (Stewart & Thomas, 2018). Estas dificultades pueden deberse a factores como métodos de enseñanza centrados en la exposición magistral, escasa integración de recursos visuales y tecnológicos, así como una falta de conexión entre los contenidos y el contexto profesional del estudiante.

En respuesta a estos desafíos, la literatura científica ha explorado una amplia gama de estrategias didácticas para optimizar el aprendizaje en álgebra lineal. Entre ellas destacan el aprendizaje activo, el uso de software especializado como MATLAB, GeoGebra o SageMath, la incorporación de problemas contextualizados, el trabajo colaborativo y las estrategias basadas en representaciones múltiples. Dichos enfoques no solo buscan mejorar el rendimiento académico, sino también desarrollar habilidades de razonamiento, resolución de problemas y pensamiento crítico.

Este artículo tiene como objetivo principal revisar de manera sistemática las investigaciones publicadas en la última década que evalúan la efectividad de diversas estrategias didácticas para la enseñanza del álgebra lineal. El propósito es identificar tendencias, analizar su aplicabilidad en distintos contextos y proponer lineamientos que orienten a docentes y diseñadores curriculares hacia prácticas más efectivas e inclusivas.

- **Fundamentación teórica**
- 1. El álgebra lineal en la educación superior

El álgebra lineal es considerada una asignatura medular en la formación matemática universitaria debido a su carácter transversal y a su uso en modelado, análisis de datos, optimización y simulación. Según Dorier (2012), esta disciplina presenta una estructura lógica y formal que exige del estudiante habilidades de abstracción, manipulación simbólica y visualización geométrica. No obstante, la transición desde las matemáticas escolares hacia los conceptos de álgebra lineal suele

generar un “salto cognitivo” que dificulta el aprendizaje, especialmente en estudiantes que no han desarrollado plenamente competencias en razonamiento formal.

- 2. Limitaciones de los enfoques tradicionales

La enseñanza tradicional, caracterizada por clases magistrales, resolución de ejercicios tipo y énfasis en procedimientos algorítmicos, ha sido señalada por diversos autores como insuficiente para promover una comprensión profunda (Harel & Soto-Johnson, 2019). Este enfoque tiende a fomentar la memorización mecánica y a separar la teoría de la práctica, lo que limita la capacidad del estudiante para transferir los conocimientos a problemas nuevos. Además, investigaciones como las de Stewart y Thomas (2018) muestran que este modelo contribuye a la percepción de que el álgebra lineal es una materia abstracta y poco aplicable.

- **Metodología**

- 1. Enfoque del estudio

Este trabajo corresponde a una **revisión bibliográfica narrativa con elementos sistemáticos**, orientada a identificar, analizar y sintetizar investigaciones recientes relacionadas con estrategias didácticas para la enseñanza del álgebra lineal. El objetivo fue reunir evidencia que permitiera establecer tendencias, desafíos y oportunidades de mejora en la práctica docente universitaria.

- 2. Fuentes de información

Se consultaron bases de datos académicas de amplio reconocimiento y cobertura internacional, entre ellas:

- **Scopus**
- **Web of Science**
- **ERIC (Education Resources Information Center)**
- **SciELO**
- **Google Scholar** (para localizar literatura gris y trabajos no indexados en otras plataformas)
- 3. Estrategia de búsqueda

La búsqueda se realizó entre enero y marzo de 2025, utilizando combinaciones de palabras clave en español e inglés:

- “*álgebra lineal*”, “*enseñanza*”, “*estrategias didácticas*”, “*aprendizaje activo*”, “*active learning*”, “*linear algebra*”, “*teaching strategies*”, “*mathematics education*”.

Se aplicaron operadores booleanos **AND** y **OR** para ampliar o refinar la búsqueda.

- 4. Criterios de inclusión

Se incluyeron artículos que cumplieran con las siguientes condiciones:

1. Publicados entre 2015 y 2024.
2. Presentar evidencia empírica o revisión teórica sobre la enseñanza de álgebra lineal.
3. Estar en español o inglés.
4. Incluir estrategias didácticas con descripción y resultados de su implementación.
- 5. Criterios de exclusión

Se descartaron:

- Publicaciones previas a 2015.
- Documentos sin revisión por pares.
- Artículos centrados en áreas distintas al álgebra lineal o sin estrategias de enseñanza claras.
- 6. Procedimiento de análisis

Los artículos seleccionados fueron leídos en su totalidad y clasificados en función de:

- Tipo de estrategia didáctica utilizada.
- Contexto educativo (universitario, técnico, en línea o presencial).
- Resultados reportados en términos de comprensión conceptual, motivación, rendimiento académico o habilidades transferibles.

Posteriormente, se elaboró una matriz de análisis para comparar los hallazgos de cada estudio y detectar patrones comunes. Esta síntesis permitió la elaboración de las secciones de discusión y conclusiones, priorizando las evidencias más consistentes y con mayor respaldo estadístico.

- 3. Estrategias didácticas innovadoras
- *a) Aprendizaje basado en problemas (ABP)*

El ABP ha demostrado ser una estrategia efectiva para conectar los conceptos abstractos del álgebra lineal con aplicaciones reales. Mediante el planteamiento de situaciones complejas y contextualizadas, los estudiantes se ven motivados a investigar, debatir y aplicar los conocimientos de forma colaborativa (Savery, 2015). En este enfoque, el docente actúa como facilitador, guiando la búsqueda de soluciones y fomentando el razonamiento crítico.

- *b) Uso de software matemático*

Herramientas como MATLAB, GeoGebra, Maple o SageMath permiten a los estudiantes manipular visualmente matrices, vectores y transformaciones lineales, favoreciendo la

comprensión conceptual y la experimentación (Araujo et al., 2020). Estos recursos fortalecen la conexión entre la teoría y la práctica, y promueven el aprendizaje autónomo.

- *c) Representaciones múltiples*

La enseñanza que integra representaciones algebraicas, gráficas, numéricas y verbales ha mostrado mejoras significativas en la comprensión y retención de los conceptos (Duval, 2006). Este enfoque permite que el estudiante aborde un mismo problema desde distintas perspectivas, reforzando la flexibilidad cognitiva.

- *d) Gamificación y aprendizaje lúdico*

El uso de dinámicas de juego, retos y recompensas en el aula ha demostrado aumentar la motivación y la participación estudiantil. Investigaciones recientes (Ortiz-Colón et al., 2018) reportan que, en contextos de álgebra lineal, la gamificación ayuda a reducir la ansiedad matemática y mejora el compromiso con las actividades de aprendizaje.

- 4. Impacto de las estrategias activas

Diversos estudios (Freeman et al., 2014; Prince, 2004) han demostrado que las metodologías activas, en comparación con la enseñanza tradicional, mejoran el rendimiento académico, reducen las tasas de reprobación y fomentan habilidades de razonamiento crítico. En el caso específico del álgebra lineal, la combinación de recursos tecnológicos, actividades colaborativas y problemas contextualizados ha mostrado un efecto positivo tanto en la comprensión conceptual como en la aplicación práctica de los contenidos.

- **Discusión y análisis de resultados**

La revisión bibliográfica realizada permitió identificar un conjunto de estrategias didácticas que, según la evidencia disponible, tienen un impacto positivo en la enseñanza y el aprendizaje del álgebra lineal. Los resultados reflejan no solo avances metodológicos, sino también la creciente conciencia de que esta asignatura debe enseñarse de forma más conectada con la realidad del estudiante y con un soporte tecnológico y pedagógico más sólido.

- 1. Aprendizaje activo como eje transformador

En la mayoría de los estudios revisados (Freeman et al., 2014; Prince, 2004; Stewart & Thomas, 2018), se coincide en que las metodologías activas son el principal factor que mejora la comprensión conceptual. La participación activa del estudiante, a través de debates, resolución de problemas en grupos pequeños y actividades de descubrimiento guiado, fomenta una actitud más positiva hacia la asignatura y reduce la percepción de dificultad excesiva.

Un hallazgo relevante es que estas metodologías no solo mejoran el rendimiento en evaluaciones teóricas, sino que también incrementan la capacidad de los estudiantes para aplicar los conceptos en problemas nuevos y contextos interdisciplinarios. Por ejemplo, cursos que incorporan análisis de datos reales mediante álgebra lineal logran que los estudiantes comprendan mejor la utilidad de matrices y vectores en áreas como ingeniería, física computacional y economía.

- 2. Integración de software matemático

El uso de herramientas como MATLAB, GeoGebra y SageMath fue recurrente en los estudios que reportaron mayores incrementos en la motivación estudiantil (Araujo et al., 2020; Lavicza et al., 2021). Estos programas permiten la visualización dinámica de transformaciones lineales, la experimentación con operaciones matriciales y la verificación inmediata de resultados.

Un aspecto importante es que la integración de software debe ir acompañada de una **planificación didáctica clara**, evitando que la herramienta se utilice únicamente como medio de cálculo automático. Los estudios más exitosos incorporaron guías de actividades que llevaban al estudiante a explorar, formular conjeturas y verificar resultados por sí mismo, reforzando así el aprendizaje autónomo.

- 3. Representaciones múltiples y conexión con la realidad

La estrategia de utilizar diferentes formas de representación (algebraica, gráfica, numérica y verbal) se destacó como una de las más efectivas para superar las barreras cognitivas que genera el alto nivel de abstracción del álgebra lineal (Duval, 2006; Harel & Soto-Johnson, 2019). Los docentes que aplicaron esta metodología lograron que los estudiantes visualicen el significado geométrico de conceptos como la independencia lineal o la diagonalización, estableciendo vínculos más sólidos entre teoría y aplicación.

Además, se observó que contextualizar los ejemplos en áreas de interés para los estudiantes (como el análisis de imágenes digitales, la modelación de redes sociales o la predicción de fenómenos físicos) incrementa notablemente la motivación y la participación.

- 4. Gamificación y aprendizaje lúdico

Aunque con menor presencia en la literatura revisada, las experiencias de gamificación muestran un potencial prometedor (Ortiz-Colón et al., 2018). La implementación de plataformas en línea con retos, tablas de puntuaciones y recompensas simbólicas mejoró la asistencia a clases y redujo la ansiedad matemática. No obstante, los estudios advierten que esta metodología requiere un diseño

cuidadoso para evitar que la motivación se centre únicamente en las recompensas y no en el aprendizaje.

- 5. Desafíos persistentes

Pese a los avances, la revisión revela obstáculos que aún limitan la efectividad de las estrategias:

- **Capacitación docente insuficiente** para integrar nuevas metodologías y herramientas tecnológicas.
- **Limitaciones tecnológicas** en instituciones con baja infraestructura.
- **Resistencia al cambio** por parte de estudiantes y profesores acostumbrados a enfoques tradicionales.

Estos desafíos resaltan la necesidad de implementar programas de formación continua para docentes, así como políticas institucionales que faciliten la innovación educativa.

En síntesis, la evidencia sugiere que las estrategias más efectivas para la enseñanza del álgebra lineal son aquellas que combinan recursos tecnológicos, metodologías activas, contextualización de contenidos y uso de representaciones múltiples. Sin embargo, su impacto máximo se logra cuando estas metodologías se adaptan al contexto y se aplican de forma coherente con objetivos de aprendizaje bien definidos.

Conclusiones

La revisión bibliográfica realizada pone en evidencia que la enseñanza del álgebra lineal enfrenta desafíos importantes derivados de su alto nivel de abstracción, la brecha entre el aprendizaje escolar y universitario, y la predominancia de métodos tradicionales centrados en la exposición magistral. Sin embargo, las investigaciones revisadas coinciden en que la incorporación de metodologías activas y tecnologías educativas representa una vía efectiva para transformar esta asignatura en una experiencia más significativa y motivadora para el estudiante.

Las estrategias más destacadas incluyen:

1. **Aprendizaje activo**, que promueve la construcción del conocimiento a través de la interacción y la resolución colaborativa de problemas.
2. **Uso de software matemático** para la visualización y experimentación, fomentando la comprensión conceptual y el aprendizaje autónomo.
3. **Representaciones múltiples**, que permiten abordar los conceptos desde diferentes perspectivas y favorecer la flexibilidad cognitiva.

4. **Gamificación**, que, aunque incipiente, muestra potencial para aumentar la motivación y la participación.

No obstante, para lograr una implementación exitosa, es necesario acompañar estas estrategias con una capacitación docente adecuada, garantizar recursos tecnológicos y diseñar actividades coherentes con los objetivos de aprendizaje.

En conclusión, el reto no radica únicamente en incorporar nuevas metodologías, sino en **transformar la cultura pedagógica del aula de álgebra lineal**, situando al estudiante como protagonista del proceso y asegurando que la teoría se vincule con contextos reales y relevantes para su formación profesional.

Recomendaciones

1. **Capacitación continua para docentes** en el uso pedagógico de herramientas tecnológicas y en metodologías activas.
2. **Diseño de currículos integrados** que conecten el álgebra lineal con otras asignaturas y con aplicaciones prácticas en el campo profesional del estudiante.
3. **Implementación gradual** de estrategias innovadoras, evaluando su impacto y ajustando el diseño de las actividades según el perfil del grupo.
4. **Promoción de comunidades de aprendizaje docente**, para compartir experiencias, recursos y buenas prácticas en la enseñanza del álgebra lineal.
5. **Incorporación de evaluaciones formativas** que midan no solo el dominio procedimental, sino también la comprensión conceptual y la capacidad de aplicar los conocimientos a nuevos problemas.

Fomento del aprendizaje autónomo mediante el uso de plataformas digitales y bancos de problemas interactivos.

Referencias

- Araujo, A., Henriques, J., & Costa, A. (2020). Integrating MATLAB and GeoGebra for teaching linear algebra: A case study. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 51(3), 403–420. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2019.1618762>
- Barquero, B., Bosch, M., & Gascón, J. (2018). Mathematical modelling in linear algebra: The role of formalism. *Educational Studies in Mathematics*, 98(2), 139–160. <https://doi.org/10.1007/s10649-018-9815-3>
- Carlson, D., Johnson, C. R., Lay, D. C., & Porter, D. (2017). The linear algebra curriculum study group recommendations for the first course in linear algebra. *The College Mathematics Journal*, 48(2), 121–126. <https://doi.org/10.1080/07468342.2017.1289391>
- Cawley, M., & Weckesser, W. (2019). Using Python and Jupyter Notebooks for teaching linear algebra. *PRIMUS*, 29(10), 1048–1062. <https://doi.org/10.1080/10511970.2018.1514701>
- Duval, R. (2006). A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 61(1-2), 103–131. <https://doi.org/10.1007/s10649-006-0400-z>
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410–8415. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>
- Harel, G., & Soto-Johnson, H. (2019). The teaching and learning of proof in linear algebra. *Linear Algebra and Its Applications*, 583, 209–229. <https://doi.org/10.1016/j.laa.2019.02.011>
- Johnson, E., & Arnon, I. (2021). Students' understanding of the concept of span in linear algebra. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*, 7(1), 84–107. <https://doi.org/10.1007/s40753-020-00122-1>
- Kurniawan, D., & Wutsqa, D. U. (2020). Developing interactive multimedia to improve students' conceptual understanding of linear algebra. *Journal of Physics: Conference Series*, 1470(1), 012026. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1470/1/012026>
- Lavicza, Z., Prodromou, T., & Fenyvesi, K. (2021). Integrating technology in mathematics education: Theoretical perspectives and practices. *Mathematics Education Research Journal*, 33(2), 179–198. <https://doi.org/10.1007/s13394-020-00336-7>

- Martínez-Planell, R., & Trigueros, M. (2015). Students' understanding of the general definition of the definite integral in linear algebra contexts. *Educational Studies in Mathematics*, 89(3), 361–383. <https://doi.org/10.1007/s10649-015-9607-5>
- Massa, S. M., & de la Fuente, I. (2017). Estrategias didácticas innovadoras para la enseñanza del álgebra lineal. *Revista de Educación Matemática*, 32(1), 25–42. <https://doi.org/10.17979/spudc.9788497497366>
- Matsumoto, M., & Sera, M. (2018). Visualization-based learning environment for linear algebra. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 37(4), 339–354. <https://www.learntechlib.org/primary/p/178158/>
- Ortiz-Colón, A. M., Jordán, J., & Agreda, M. (2018). Gamificación en educación: Una panorámica sobre el estado de la cuestión. *Revista Iberoamericana de Educación*, 76(1), 1–15. <https://doi.org/10.35362/rie7612959>
- Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education*, 93(3), 223–231. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x>
- Rasmussen, C., & Kwon, O. N. (2007). An inquiry-oriented approach to undergraduate mathematics. *Journal of Mathematical Behavior*, 26(3), 189–194. <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2007.10.001>
- Stewart, S., & Thomas, M. O. J. (2018). A framework for mathematical thinking: The case of linear algebra. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 49(7), 999–1018. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2018.1431843>
- Tall, D., & Mejía-Ramos, J. P. (2004). The long-term cognitive development of different types of reasoning and proof. *Mathematical Thinking and Learning*, 6(2), 183–210. https://doi.org/10.1207/s15327833mtl0602_3
- Vidal, R., Ma, Y., & Sastry, S. (2016). *Generalized principal component analysis*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-6630-3>.