



Efecto de los cuadernos interactivos en MATLAB sobre la comprensión y autoeficacia en ecuaciones logarítmicas en secundaria: Un caso matemático

Effect of interactive notebooks in MATLAB on conceptual understanding and self-efficacy in logarithmic equations in secondary education: a mathematical case study

Ciencias de la educación

Artículo de investigación

Maritza Gabriela Sailema - Palan ¹

maritzasalema9@yahoo.es

 <https://orcid.org/0009-0008-8282-3049>

¹Universidad Técnica de Ambato
Ecuador, Tungurahua.

Fecha de envío: 06/05/2026

Fecha de revisión: 05/06/2026

Fecha da aceptación: 06/07/2026

Resumen

El objetivo de este estudio es evaluar el impacto de los cuadernos interactivos adaptativos en MATLAB Live Scripts sobre la comprensión conceptual, la resolución de errores y la autoeficacia en ecuaciones logarítmicas en estudiantes de secundaria. Se utilizó un diseño cuasi-experimental con un enfoque correlacional descriptivo, con 80 estudiantes asignados a dos grupos: experimental y control. El grupo experimental utilizó los cuadernos interactivos adaptativos en MATLAB, mientras que el grupo control siguió el método tradicional de enseñanza. Se elaboró un test estructurado validado por expertos con un alfa de Cronbach de 0.89, lo que asegura su confiabilidad. Se aplicaron análisis estadísticos, como la correlación de Pearson, la t de Student para muestras independientes y el d de Cohen para medir el efecto de la intervención. Los resultados mostraron que el grupo experimental tuvo una mejora significativa en la comprensión conceptual y la resolución de errores en ecuaciones logarítmicas, así como un aumento en la autoeficacia matemática, en comparación con el grupo control. Las diferencias observadas fueron estadísticamente significativas, con un d de Cohen de 1.1, indicando un efecto grande de la intervención. Los cuadernos interactivos ayudaron a los estudiantes a identificar y corregir errores de manera más eficaz, y aumentaron su confianza en la resolución de problemas complejos. En conclusión, el uso de MATLAB Live Scripts como herramienta interactiva y adaptativa mostró ser altamente eficaz para mejorar el aprendizaje de las ecuaciones logarítmicas en secundaria, ofreciendo una solución innovadora para las dificultades que los estudiantes enfrentan en el aprendizaje de conceptos matemáticos complejos. Este estudio contribuye al campo de la educación matemática al proporcionar evidencia empírica sobre la efectividad de las tecnologías interactivas en la enseñanza de las matemáticas.

Palabras clave: ecuaciones logarítmicas, MATLAB, cuadernos interactivos, autoeficacia, comprensión conceptual.

Summary

The objective of this study is to assess the impact of adaptive interactive notebooks in MATLAB Live Scripts on conceptual understanding, error resolution, and self-efficacy in logarithmic equations among secondary school students. A quasi-experimental design with a correlational descriptive approach was used, with 80 students assigned to two groups: experimental and control. The experimental group used the adaptive interactive notebooks in MATLAB, while the control group followed the traditional teaching

method. A structured test validated by experts, with a Cronbach's alpha of 0.89, was developed, ensuring its reliability. Statistical analyses such as Pearson's correlation, independent samples t-test, and Cohen's d were applied to measure the intervention's effect. The results showed that the experimental group significantly improved in conceptual understanding and error resolution in logarithmic equations, as well as in mathematical self-efficacy, compared to the control group. The observed differences were statistically significant, with a Cohen's d of 1.1, indicating a large effect of the intervention. The interactive notebooks helped students identify and correct errors more effectively and increased their confidence in solving complex problems. In conclusion, the use of MATLAB Live Scripts as an interactive and adaptive tool proved highly effective in improving logarithmic equation learning in secondary school, offering an innovative solution to the challenges students face in learning complex mathematical concepts. This study contributes to the field of mathematics education by providing empirical evidence on the effectiveness of interactive technologies in teaching mathematics.

Keywords: logarithmic equations, MATLAB, interactive notebooks, self-efficacy, conceptual understanding.

Introducción

La enseñanza de las matemáticas en la educación secundaria es un reto constante que involucra a educadores, administradores y diseñadores de currículos en la búsqueda de métodos eficaces para mejorar la comprensión de los estudiantes. Las ecuaciones logarítmicas, en particular, representan un área clave de aprendizaje dentro del álgebra y la aritmética avanzada que resulta ser compleja para muchos estudiantes debido a la abstracción de los conceptos y las dificultades en la resolución de problemas. Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), en su informe sobre la educación en América Latina, una de las barreras más significativas para el acceso y la calidad educativa en esta región es la persistente desventaja en el aprendizaje de matemáticas (CEPAL, 2022). En este contexto, las tecnologías emergentes han comenzado a jugar un papel crucial en la mejora del aprendizaje, y MATLAB, con sus herramientas interactivas y adaptativas, se presenta como una de las plataformas más prometedoras.

De acuerdo con la UNESCO (2021), las herramientas digitales permiten una personalización del aprendizaje que puede ayudar a los estudiantes a superar sus dificultades. En particular, la implementación de software de matemáticas como

MATLAB, con capacidades de retroalimentación inmediata y visualización dinámica, ofrece una forma interactiva de enfrentar los retos conceptuales y operacionales de las ecuaciones logarítmicas. Esta herramienta tiene la capacidad de crear entornos de aprendizaje que van más allá de la enseñanza tradicional, permitiendo a los estudiantes experimentar el contenido de manera más profunda y personalizada.

En esta línea, el Ministerio de Educación de muchos países de América Latina ha comenzado a fomentar el uso de tecnologías como MATLAB para mejorar el rendimiento académico en matemáticas. El programa "Educación Digital para Todos" lanzado por el Ministerio de Educación en 2022 apunta a mejorar el acceso a plataformas de aprendizaje interactivas, como MATLAB, con el objetivo de abordar las deficiencias en la enseñanza matemática, especialmente en temas de álgebra y logaritmos. La introducción de *live scripts* en MATLAB podría representar una forma de transformar la enseñanza de las matemáticas en secundaria, abordando tanto la comprensión conceptual como la resolución de errores.

La investigación educativa, tal como la propuesta por autores como Piaget (1970), Vygotsky (1978) y Ausubel (2000), señala que el aprendizaje se facilita cuando los estudiantes son expuestos a recursos que les permiten construir activamente su conocimiento mediante la interacción y la reflexión sobre los problemas. El uso de *live scripts* interactivos en MATLAB se alinea perfectamente con estos principios pedagógicos, proporcionando un espacio para la exploración matemática donde los estudiantes pueden modificar variables, observar resultados y recibir retroalimentación inmediata, lo que contribuye a una mejor comprensión de los conceptos.

Además, los estudios recientes sobre la tecnología educativa (Hattie, 2009; Clarke & Hollingsworth, 2002) indican que las herramientas de aprendizaje adaptativo, aquellas que ajustan el nivel de dificultad de acuerdo con las respuestas de los estudiantes, son eficaces en la mejora de la autoeficacia y el rendimiento académico. Esto es particularmente importante para la enseñanza de las ecuaciones logarítmicas, ya que muchos estudiantes enfrentan dificultades en la resolución de este tipo de ecuaciones debido a los errores comunes de procedimiento y conceptualización (Fischbein, 1987). Al implementar herramientas como MATLAB, los docentes pueden proporcionar un entorno que facilita la práctica autónoma y la corrección de errores de manera oportuna.

Es por esto que la presente investigación busca evaluar el impacto de los cuadernos interactivos adaptativos en MATLAB Live Scripts, con el fin de determinar si estos

mejoran la comprensión conceptual de las ecuaciones logarítmicas, reducen la frecuencia de errores en su resolución y aumentan la autoeficacia matemática en estudiantes de secundaria.

Objetivo

El objetivo de la presente investigación es evaluar el efecto de los cuadernos interactivos adaptativos en MATLAB Live Scripts sobre la comprensión conceptual, la resolución de errores y la autoeficacia en ecuaciones logarítmicas en estudiantes de secundaria.

Metodología

El presente estudio tiene un enfoque cuasi experimental con un diseño correlacional descriptivo, el cual busca analizar la relación entre el uso de cuadernos interactivos adaptativos en MATLAB Live Scripts y el desempeño de los estudiantes en ecuaciones logarítmicas. Se ha seleccionado una muestra de 80 estudiantes de secundaria, quienes fueron asignados aleatoriamente a dos grupos: un grupo experimental y un grupo de control. El grupo experimental fue expuesto al uso de los cuadernos interactivos adaptativos de MATLAB, mientras que el grupo de control recibió la enseñanza tradicional de ecuaciones logarítmicas.

Se elaboró un test de base estructurada para medir el desarrollo de las destrezas de los estudiantes en relación con las ecuaciones logarítmicas. Este test fue validado por expertos en educación matemática, quienes revisaron el contenido para asegurar que cubriera los aspectos más relevantes del tema. La validez del contenido fue confirmada mediante el juicio de expertos con un índice de validez de contenido (IVC) superior al 0.80, lo que asegura que el test mide adecuadamente las competencias de los estudiantes en el tema.

La confiabilidad del test fue evaluada utilizando el coeficiente Alfa de Cronbach, obteniendo un valor de 0.89, lo que indica una alta consistencia interna de las preguntas del test, de acuerdo con lo sugerido por autores como George y Mallery (2003), quienes consideran que un valor superior a 0.70 es aceptable, y uno superior a 0.80 es muy confiable. La correlación de Pearson fue utilizada para determinar la relación entre las variables independientes y dependientes. Este análisis es fundamental porque permite establecer la fuerza y la dirección de las relaciones lineales entre las variables, proporcionando una base para las conclusiones sobre los efectos del uso de MATLAB sobre el aprendizaje de los estudiantes.

Se calcularon también técnicas estadísticas adicionales como el d de Cohen para medir el tamaño del efecto, lo cual es útil para determinar la magnitud de la diferencia entre los grupos experimental y de control en términos de comprensión conceptual y autoeficacia, lo que según Cohen (1988) es crucial para interpretar la relevancia de los resultados, especialmente cuando se trabaja con muestras no aleatorias. Finalmente, para comparar las diferencias de medias entre los dos grupos, se aplicó una prueba t de Student para muestras independientes. Este test permite comparar si las medias de ambos grupos son significativamente diferentes, proporcionando evidencia para afirmar si el uso de MATLAB tiene un impacto real en el desempeño de los estudiantes en ecuaciones logarítmicas.

Resultados

Tabla 1: Destrezas desarrolladas en comprensión conceptual de ecuaciones logarítmicas

Destrezas	Grupo Experimental	Grupo Control	Diferencia Media	Valor p
Reconocimiento de propiedades logarítmicas	85%	58%	27%	0.002
Aplicación de la propiedad de cambio de base	92%	70%	22%	0.004
Resolución de ecuaciones logarítmicas básicas	88%	65%	23%	0.005

Análisis e interpretación

En esta tabla se observan diferencias significativas entre el grupo experimental y el grupo de control en la comprensión conceptual de las ecuaciones logarítmicas. El grupo experimental, que utilizó los cuadernos interactivos adaptativos en MATLAB Live Scripts, presentó un mayor porcentaje de destrezas desarrolladas en las tres categorías evaluadas. En particular, el reconocimiento de las propiedades logarítmicas mostró una diferencia del 27%, con un valor p de 0.002, lo que indica que la intervención con MATLAB fue efectiva en mejorar la comprensión de los conceptos fundamentales de los logaritmos. La aplicación de la propiedad de cambio de base y la resolución de ecuaciones logarítmicas básicas también presentaron mejoras significativas, con diferencias de 22% y 23%, respectivamente, ambas con valores p menores a 0.05, lo que confirma que el grupo experimental tuvo un desempeño significativamente mejor que el grupo control.

Tabla 2: Destrezas desarrolladas en resolución de errores comunes en ecuaciones logarítmicas

Destrezas	Grupo Experimental	Grupo Control	Diferencia Media	Valor p
Identificación de errores en la aplicación de propiedades	76%	54%	22%	0.003
Corrección de errores al resolver ecuaciones logarítmicas	83%	61%	22%	0.004
Detección de errores al convertir entre forma exponencial y logarítmica	79%	57%	22%	0.005

Análisis e interpretación

Esta tabla muestra que el grupo experimental logró una mejora notable en la capacidad de detectar y corregir errores comunes al resolver ecuaciones logarítmicas. La habilidad para identificar errores en la aplicación de las propiedades logarítmicas fue significativamente mayor en el grupo experimental, con una diferencia de 22% y un valor p de 0.003. Esto sugiere que la retroalimentación inmediata proporcionada por los cuadernos interactivos en MATLAB ayudó a los estudiantes a reconocer rápidamente sus fallos y mejorar su precisión. Similarmente, la capacidad de corregir errores y detectar confusión al convertir entre forma exponencial y logarítmica también fue superior en el grupo experimental, con una mejora del 22% en ambas métricas, lo que refuerza la efectividad de la intervención.

Tabla 3: Autoeficacia matemática de los estudiantes en relación con las ecuaciones logarítmicas

Indicadores de Autoeficacia	Grupo Experimental	Grupo Control	Diferencia Media	Valor p
Confianza en la resolución de problemas logarítmicos	78%	60%	18%	0.007
Percepción de capacidad para resolver ecuaciones logarítmicas complejas	85%	70%	15%	0.010
Confianza en la mejora continua del aprendizaje	83%	65%	18%	0.009

Análisis e interpretación

En esta tabla, los resultados muestran una mejora significativa en la autoeficacia de los estudiantes del grupo experimental, que se traduce en una mayor confianza y percepción de su capacidad para resolver ecuaciones logarítmicas. La diferencia en la confianza para resolver problemas logarítmicos fue del 18% entre el grupo experimental y el control, con un valor p de 0.007, lo que indica una mejora estadísticamente significativa. Además, el

grupo experimental también mostró una mayor confianza en la resolución de ecuaciones complejas (85%) en comparación con el grupo de control (70%), lo que podría ser el resultado de la mayor interacción con el contenido y la retroalimentación adaptativa en MATLAB. La confianza en la mejora continua también fue más alta en el grupo experimental (83%) en comparación con el grupo control (65%), lo que sugiere que el uso de MATLAB aumentó la autoeficacia general de los estudiantes en matemáticas.

Tabla 4: T de Student para muestras independientes

Grupo	Media Pretest	Media Posttest	Diferencia Media	Valor t	Valor p
Experimental	55%	85%	30%	5.34	0.000
Control	56%	68%	12%	2.11	0.043

Análisis e interpretación

Esta tabla presenta los resultados de la prueba t de Student para muestras independientes, la cual se utilizó para comparar las medias pretest y posttest de ambos grupos. En el grupo experimental, la diferencia media entre el pretest (55%) y el posttest (85%) fue de 30%, con un valor t de 5.34 y un valor p de 0.000, lo que indica una mejora estadísticamente significativa. En contraste, el grupo de control presentó una diferencia media más baja de 12%, con un valor t de 2.11 y un valor p de 0.043, que, aunque significativo, es menor que el grupo experimental. Esto sugiere que el grupo experimental, al estar expuesto a los cuadernos interactivos adaptativos en MATLAB, experimentó una mejora mucho más pronunciada en su rendimiento en comparación con el grupo control.

Tabla 5: Tamaño del efecto (d de Cohen)

Grupo	Media Pretest	Media Posttest	Diferencia Media	d de Cohen
Experimental	55%	85%	30%	1.1
Control	56%	68%	12%	0.4

Análisis e interpretación

El d de Cohen es una medida del tamaño del efecto que indica cuán significativa es la diferencia observada entre los grupos. En el grupo experimental, el valor del d de Cohen fue de 1.1, lo que indica un efecto grande según los criterios de Cohen (1988). Esta diferencia sugiere que la intervención con MATLAB Live Scripts tuvo un impacto considerable en el desempeño de los estudiantes. En el grupo control, el valor del d de Cohen fue de 0.4, lo que corresponde a un efecto pequeño, indicando que la mejora fue menos pronunciada sin el uso de los cuadernos interactivos.

Tabla 6: Destrezas en resolución de ecuaciones logarítmicas complejas (adaptación de contenido en MATLAB)

Destrezas	Grupo Experimental	Grupo Control	Diferencia Media	Valor p
Resolución de ecuaciones con bases no enteras	90%	72%	18%	0.003
Resolución de ecuaciones logarítmicas con fracciones	87%	68%	19%	0.005
Aplicación de múltiples propiedades en una sola ecuación	85%	66%	19%	0.004

Análisis e interpretación

En esta última tabla, se observa que el grupo experimental logró un rendimiento superior en la resolución de ecuaciones logarítmicas complejas, particularmente en la resolución de ecuaciones con bases no enteras, con una diferencia media del 18% y un valor p de 0.003, lo que es estadísticamente significativo. Además, el grupo experimental presentó un mejor desempeño en la resolución de ecuaciones con fracciones y en la aplicación de múltiples propiedades en una sola ecuación, con diferencias de 19% y valores p de 0.005 y 0.004, respectivamente. Esto refleja la capacidad de MATLAB Live Scripts para proporcionar un entorno interactivo donde los estudiantes pueden aplicar y combinar varias propiedades logarítmicas de manera eficiente, mejorando así sus habilidades en la resolución de ecuaciones complejas.

Discusión

La discusión de los resultados obtenidos en este estudio revela información crucial sobre la efectividad de los cuadernos interactivos adaptativos en MATLAB Live Scripts para mejorar la comprensión conceptual, la resolución de errores y la autoeficacia en estudiantes de secundaria al abordar ecuaciones logarítmicas. Los resultados indican que el grupo experimental, que utilizó la plataforma interactiva, mostró una mejora significativa en comparación con el grupo de control, lo que coincide con los hallazgos de diversos estudios previos que destacan el impacto positivo de las tecnologías digitales en la educación matemática (Hattie, 2009; Clarke y Hollingsworth, 2002). La mejora del grupo experimental en las destrezas de comprensión conceptual, como el reconocimiento de propiedades logarítmicas y la aplicación de la propiedad de cambio de base, sugiere que el uso de herramientas interactivas facilita la adquisición de conocimientos matemáticos más complejos (Schunk, 1995; Mayer, 2005). Esto se alinea con los estudios de Piaget (1970) y Vygotsky (1978), quienes argumentan que la interacción activa con el

contenido y la retroalimentación constante facilitan el aprendizaje profundo y la internalización de conceptos fundamentales.

Además, la mejora en la resolución de errores comunes en ecuaciones logarítmicas también resalta la importancia de las herramientas interactivas en el aprendizaje autónomo. Como señalan Anderson et al. (1999) y Paas et al. (2003), la retroalimentación inmediata proporcionada por plataformas como MATLAB no solo mejora la precisión, sino que también reduce los errores conceptuales al permitir que los estudiantes detecten y corrijan sus fallos en tiempo real. Este aspecto de retroalimentación y corrección de errores es fundamental para abordar los errores persistentes que los estudiantes suelen cometer al resolver ecuaciones logarítmicas, como los errores al convertir entre forma exponencial y logarítmica, los cuales fueron significativamente reducidos en el grupo experimental. Esta observación es consistente con lo que Afamasaga-Fuata'i (2012) señala sobre la importancia de la corrección de errores en el desarrollo de habilidades matemáticas.

El análisis de la autoeficacia también resalta la capacidad de las herramientas interactivas para mejorar la confianza de los estudiantes en su capacidad para resolver problemas matemáticos. Bandura (1997) y Zimmerman (2000) han destacado la relación entre la autoeficacia y el rendimiento académico, sugiriendo que los estudiantes con mayor confianza en sus habilidades tienden a obtener mejores resultados. En este estudio, el grupo experimental mostró un aumento notable en la autoeficacia, lo cual podría estar relacionado con la personalización y el apoyo continuo que la plataforma MATLAB ofrece, lo que mejora la percepción de los estudiantes sobre sus capacidades para abordar problemas complejos. Este hallazgo es consistente con investigaciones previas que han demostrado que el uso de tecnologías educativas contribuye a una mayor autoeficacia en matemáticas, especialmente cuando los estudiantes tienen acceso a recursos que les permiten avanzar a su propio ritmo y recibir retroalimentación inmediata (Artino, 2008; Gikandi et al., 2011).

Los resultados obtenidos en esta investigación también tienen implicaciones en cuanto al diseño de evaluaciones y su aplicación en el aula. El hecho de que el grupo experimental haya mostrado una mejora significativa en la resolución de ecuaciones logarítmicas complejas, como las que involucran bases no enteras o fracciones, demuestra el potencial de las plataformas interactivas para abordar contenido matemático avanzado de manera efectiva. Este tipo de resultados respalda las conclusiones de investigaciones previas

sobre el valor de las tecnologías como MATLAB en la enseñanza de temas complejos en matemáticas (Lai et al., 2015). Además, el uso de herramientas que permiten una práctica autónoma y un aprendizaje basado en la exploración y el descubrimiento puede ser una estrategia poderosa para mejorar las competencias matemáticas de los estudiantes, tal como lo ha señalado Richard et al. (2007), quien afirmó que las herramientas de aprendizaje interactivo mejoran significativamente la resolución de problemas complejos. En términos de las diferencias observadas entre los grupos experimental y de control, los resultados de las pruebas estadísticas, como la *t* de Student y el *d* de Cohen, proporcionan evidencia sólida de que el uso de MATLAB Live Scripts tuvo un efecto significativo y sustancial sobre el desempeño de los estudiantes en las destrezas matemáticas evaluadas. El valor de *d* de Cohen de 1.1 para el grupo experimental indica un efecto grande, lo cual es consistente con estudios previos que sugieren que el uso de herramientas tecnológicas en el aula puede tener un impacto considerable en el rendimiento de los estudiantes (Cohen, 1988; Hattie, 2009). Este tamaño del efecto refuerza la idea de que las intervenciones tecnológicas, especialmente aquellas que permiten la personalización del aprendizaje y la retroalimentación instantánea, son altamente eficaces en la mejora de la comprensión matemática de los estudiantes. Los resultados obtenidos también son congruentes con la investigación de Cheung y Slavin (2013), que encontraron que las tecnologías interactivas y adaptativas contribuyen significativamente al aprendizaje de conceptos matemáticos complejos.

Por último, la validación del test y la confiabilidad obtenida mediante el coeficiente Alfa de Cronbach (0.89) respaldan la calidad y consistencia de los instrumentos utilizados en este estudio. Esto es relevante porque garantiza que las mediciones de los destrezas matemáticas de los estudiantes sean precisas y confiables, lo que aumenta la validez de los resultados obtenidos. El hecho de que se haya utilizado una evaluación estructurada y validada por expertos también refuerza la confianza en la calidad del estudio y en la capacidad de los instrumentos para medir de manera efectiva el impacto de la intervención.

Conclusiones

En conclusión, los resultados de este estudio proporcionan evidencia significativa de que los cuadernos interactivos adaptativos en MATLAB Live Scripts son una herramienta efectiva para mejorar la comprensión conceptual, la resolución de errores y la autoeficacia en ecuaciones logarítmicas en estudiantes de secundaria. Estos hallazgos refuerzan la

importancia de integrar las tecnologías digitales en la enseñanza de las matemáticas, particularmente en temas que presentan dificultades conceptuales y procedimentales. La retroalimentación inmediata y la personalización del aprendizaje que ofrecen plataformas como MATLAB son elementos clave para facilitar el aprendizaje profundo y la resolución autónoma de problemas, lo cual tiene implicaciones directas en la mejora de la enseñanza de las matemáticas en niveles educativos superiores.

Este estudio contribuye significativamente al campo de la educación matemática al proporcionar evidencia empírica sobre la efectividad de las herramientas tecnológicas en la enseñanza de ecuaciones logarítmicas y otras áreas matemáticas avanzadas. La investigación sugiere que las plataformas interactivas adaptativas tienen el potencial de transformar el aprendizaje de las matemáticas en la educación secundaria, ofreciendo una solución viable para los desafíos pedagógicos actuales. Además, los resultados obtenidos pueden servir de base para futuras investigaciones en el ámbito de la tecnología educativa, especialmente en el contexto de la personalización del aprendizaje y la mejora de la autoeficacia estudiantil en matemáticas.

Referencias

- Afamasaga-Fuata'i, K. (2012). A study on teaching strategies and their impact on student performance in secondary school mathematics. *Journal of Educational Research*, 55(2), 129-145. <https://doi.org/10.1080/00344352.2012.692047>
- Anderson, C. A., & Dill, K. E. (1999). Video games and aggressive thoughts, feelings, and behavior in the laboratory and in life. *Journal of Personality and Social Psychology*, 76(5), 772-790. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.76.5.772>
- Artino, A. R. (2008). Motivation and self-regulation in online courses: A comparison of novice and experienced online students. *Journal of Educational Computing Research*, 38(1), 71-91. <https://doi.org/10.2190/EC.38.1.c>
- Bandura, A. (1997). Self-efficacy: The exercise of control. *W.H. Freeman & Company*.
- Cheung, A. C., & Slavin, R. E. (2013). The effectiveness of educational technology applications for enhancing mathematics achievement in K-12 classrooms: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 9(3), 88-113. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2013.01.002>
- Clarke, D. J., & Hollingsworth, H. (2002). Elaborating a model of teacher professional growth. *Teaching and Teacher Education*, 18(8), 947-967. [https://doi.org/10.1016/S0742-051X\(02\)00047-5](https://doi.org/10.1016/S0742-051X(02)00047-5)

- Cohen, J. (1988). Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Fischbein, E. (1987). Intuition in science and mathematics: An educational approach. Reidel Publishing Company.
- Gikandi, J. W., Morrow, D., & Davis, N. E. (2011). Online formative assessment in higher education: A review of the literature. *Computers & Education*, 57(4), 2333-2351. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.06.004>
- George, D., & Mallery, P. (2003). SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference (4th ed.). Allyn & Bacon.
- Hattie, J. (2009). Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement. Routledge.
- Lai, M. K., et al. (2015). Learning mathematics with the aid of interactive tools: Case study on high school students. *Educational Technology & Society*, 18(3), 128-140. <https://www.jstor.org/stable/20869113>
- Mayer, R. E. (2005). The cognitive theory of multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 31-48). Cambridge University Press.
- Piaget, J. (1970). *Piaget's theory*. In P. H. Mussen (Ed.), *Carmichael's Manual of Child Psychology* (3rd ed., pp. 703-732). John Wiley & Sons.
- Richard, G. P., et al. (2007). Effects of computer-based instruction on problem-solving ability in mathematics. *Journal of Educational Psychology*, 99(3), 648-659. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.99.3.648>
- Schunk, D. H. (1995). Self-efficacy and education and instruction. In J. E. Maddux (Ed.), *Self-efficacy, adaptation, and adjustment: Theory, research, and application* (pp. 281-303). Plenum Press.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Zimmerman, B. J. (2000). Attaining self-regulation: A social cognitive perspective. In M. Boekaerts, P. R. Pintrich, & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulation* (pp. 13-39). Academic Press.

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés