

El uso de tecnología para la enseñanza de la probabilidad en formación de profesores de matemática: una revisión sistemática

The use of technology for teaching probability in mathematics teacher training: a systematic review

PARRA-MUÑOZ, Jonathan¹
DÍAZ-LEVICOY, Danilo²

Resumen

Esta investigación analiza la producción científica sobre tecnologías en la enseñanza de la probabilidad en la formación de profesores de matemática. Se realizó una revisión sistemática en Scielo, Scopus y WoS, siguiendo los lineamientos de la declaración PRISMA y según las palabras clave extraídas del Tesoro de UNESCO y de la Enciclopedia de Educación Matemática. De 2243 artículos recogidos, solo 4 cumplieron los criterios de inclusión. Se concluye sobre la necesidad de aumentar la investigación en este campo.

Palabras clave: revisión sistemática, formación de profesores, tecnología, probabilidad

Abstract

This research analyzes the scientific production on technologies in the teaching of probability in the training of mathematics teachers. A systematic review was carried out in Scielo, Scopus and WoS, following the guidelines of the PRISMA statement and according to the keywords extracted from the UNESCO Thesaurus and the Encyclopedia of Mathematics Education. Of 2243 articles collected, only 4 met the inclusion criteria. We conclude on the need to increase research in this field.

Key words: systematic review, teacher training, technology, probability

1. Introducción

Con el transcurso de los años, los avances en tecnología crecen exponencialmente, sobre todo en la automatización industrial, tal como lo declara el informe de *Mckinsey Global Institute* (2022). Los avances tecnológicos van evolucionando y transformando todo en su entorno. Prendes y Cerdán (2021) declaran que el tiempo lleva a entender el cambio continuo de las tecnologías y que este rápido avance afecta a muchos ámbitos de nuestras vidas. Esta transformación continua, requiere el desarrollo y formación de personas con habilidades necesarias para afrontarlo (Gómez *et al.*, 2024). Por lo que este avance tecnológico es un desafío para la educación, es decir, la incorporación de las nuevas tecnologías es crucial en los centros educativos, dado que se

¹ Estudiante del Programa de Doctorado en Didáctica de la Matemática, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad Católica del Maule, Chile. jparram4@gmail.com

² Académico. Centro de Investigación en Educación Matemática y Estadística, Universidad Católica del Maule, Chile. ddiazl@ucm.cl

puede impulsar el aprendizaje de los estudiantes, para las altas demandas del siglo XXI (Prendes y Cerdán 2021). En este mismo sentido, Renz y Hilbig (2020) mencionan que la integración y uso de tecnologías en ámbitos educativos producen profesionales con múltiples habilidades. Por su parte, Saritepeci (2022) menciona que, en los últimos años, el uso y la inclusión de la tecnología en ambientes educativos han pasado de ser una opción a ser una necesidad imperativa.

Ante estas demandas es fundamental poner el foco en la formación inicial docente. Muttadi *et al.*, (2017) concluyen que enseñar Matemática basado en tecnología, es una necesidad en la formación de profesores, y que las competencias de la Tecnología, Pedagogía y Conocimiento del contenido (TPACK), se deben considerar como fundamental para los futuros profesores de Matemática. Al respecto, se puede evidenciar, en da Silva y Niess (2023), que los futuros docentes revelan sus creencias sobre como ellos aprenden matemática sin tecnologías y que estas impedían que sus estudiantes explorarán la matemática con las tecnologías de la información y comunicación (TIC).

Por otro lado, ha existido un aumento importante a nivel mundial en torno a las temáticas de estadística y probabilidad (Butt, 2021; Su *et al.*, 2020). Al respecto, Batanero y Díaz (2021) indican que este incremento sustancial en la investigación en Educación Estadística y Probabilística es debido a la necesidad de formar estudiantes y profesionales con habilidades analíticas sólidas. Por otro lado, Rodríguez-González *et al.*, (2022) declaran que ha aumentado el interés de investigar en la Educación Probabilística, dado que el uso de tecnología apoya la depuración, organización de datos, resumir información y realizar simulaciones, entre otras. El uso de tecnología en la enseñanza de la probabilidad, en conjunto con otros elementos, contribuye a introducir el concepto de distribución normal, además, la simulación ayuda a estudiantes a cambiar su razonamiento del cálculo de probabilidad (Salinas-Herrera *et al.*, 2022). Dado el rápido desarrollo de la tecnología, es necesario investigar sobre su uso en modelos probabilísticos y cómo las utilizan los docentes y estudiantes para comprender la probabilidad, lo cual ha sido muy poco explorado (Batanero *et al.*, 2016). Lock *et al.*, (2021) afirman que las herramientas tecnológicas apoyan la capacidad de modelar fenómenos aleatorios y analizar grandes conjuntos de datos, dado que se pueden hacer simulaciones complejas.

Batanero *et al.*, (2004) realizan una intervención con juegos donde la simulación tiene un rol importante para que los futuros docentes puedan comprender conceptos de aleatoriedad, probabilidad condicional, equiprobabilidad, entre otros, y sugieren ocupar simuladores para cuando se tengan un mayor número de ensayos y así poder resolver problemas de mayor complejidad. Por otro lado, concluyen que es importante que la didáctica este presente en la formación de los docentes, para realizar los análisis correspondientes. Es necesario indagar como se complementa la tecnología en la enseñanza de la probabilidad. Al respecto, Batanero y Álvarez-Arroyo (2024), declaran que la tecnología y otros materiales complementarios son poco investigados y es necesario pesquisar cómo las herramientas de visualización aportan al aprendizaje de conceptos de la probabilidad.

En este sentido, dado el incremento acelerado de publicaciones científicas, la necesidad de sintetizar estos resultados es fundamental al momento de comenzar con nuevas investigaciones y proporcionar evidencia sobre los resultados de estas (Gutiérrez- Saldivia, 2014; Vidal-Ledo *et al.*, 2015). En este sentido, los estudios de revisión sistemática permiten analizar la información proveniente de investigaciones y se están utilizando para conocer el estado actual de la producción científica (Crowther *et al.*, 2010).

De acuerdo con lo anterior, se realiza una revisión sistemática, siguiendo la declaración PRISMA, con el objetivo de describir la literatura científica sobre la enseñanza de las probabilidades con el uso de tecnología en la formación de profesores de Educación Primaria y Secundaria.

2. Metodología

Este estudio ha considerado como método la revisión sistemática, siguiendo las directrices establecidas por PRISMA 2020 (Page *et al.*, 2021), según su diagrama de flujo y lista de verificación. La revisión sistemática se llevó a cabo en las bases de datos Scopus, WoS y Scielo, dado que son las de mayor prestigio a nivel internacional e iberoamericano, y que incluyen investigaciones en el ámbito educativo (Repiso *et al.*, 2017; Prada *et al.*, 2024).

Para las ecuaciones de búsqueda se utilizaron palabras clave obtenidas del tesoro de Unesco y de la Enciclopedia de Educación Matemática (Lerman, 2020): Teacher training, Pre-service teacher education, Teacher education, future teacher, Technology, Educational technology, Educational software, ICT, probability. Las ecuaciones de búsqueda, según base de datos, se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1
Ecuaciones de búsqueda

Base de datos	Ecuación
Scielo	(Teacher training OR Pre-service teacher education OR Teacher education OR future teacher) AND (Technology OR Educational technology OR Educational software OR ICT) AND (probability)
Scopus	(TITLE-ABS-KEY ("teacher training" OR "teacher education" OR "future teacher" OR "pre-service teacher education") AND (technology OR "educational technology" OR "educational software" OR ict) AND probability)
WoS	Teacher training (Title) or teacher education (Title) or future teacher (Title) or pre-service teacher education (Title) and Technology (Title) or Educational technology or ICT (Title) or Educational software (Title) and Probability (Title)

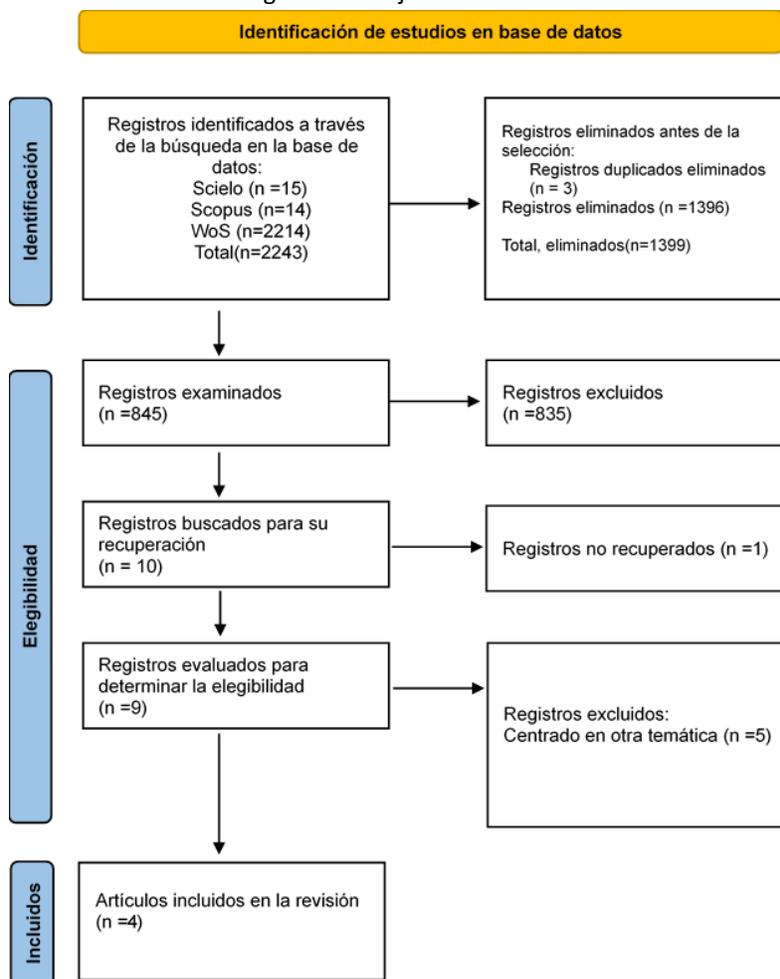
Fuente: Elaboración propia

La búsqueda inicial proporcionó un total de 2243 artículos, 15 obtenidos de la base de datos Scielo, 14 de Scopus y 2214 de WoS. A continuación, se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión. Los criterios de inclusión fueron: 1) artículos publicados entre los años 2014 y 2023; 2) escritos en español, inglés y portugués; 3) de acceso abierto; 4) sub-áreas a fines como: investigación en educación, educativa, estadística, probabilidad, ciencias multidisciplinarias, matemáticas, matemáticas aplicadas, ingeniería, multidisciplinarias, interdisciplinarias, ciencias ambientales, disciplinas científicas, ciencias sociales, entre otras. Al aplicar estos criterios, se eliminaron 1396 y se encontraron 3 duplicados, por lo que quedaron 845 artículos a examinar.

Seguidamente, en cada documento se revisó el título, resumen y las palabras clave, seleccionando aquellos que consideraran el uso de tecnología en la enseñanza de la probabilidad en futuros profesores que enseñen matemática, quedando solo 11 artículos para ser analizados, de los cuales 1 no fue recuperado. Finalmente, se realiza un análisis completo de estos 9 artículos, excluyéndose 5, dado que no hablan de las temáticas requeridas, esto se declara en las fases del diagrama de flujo de PRISMA 2020.

En lo que sigue, se detallan los resultados de aspectos bibliométricos (cantidad de autores, palabras clave, revista, citas de los artículos según *Google Scholar*, país de la Universidad de origen de los autores) y el análisis de contenido (metodología y principales conclusiones).

Figura 1
Diagrama de flujo de la revisión



Fuente: Elaboración propia

3. Resultados y discusión

A continuación, la Tabla 2, muestra el código asignado a cada artículo para facilitar el análisis, los autores, año de publicación, la base de datos de la cual se recuperó y el título. De este análisis se tienen dos artículos (50%) de WoS, un artículo de Scopus (25%) y uno de SciELO (25%).

Tabla 2
Artículos seleccionados de las bases de datos

Código	Autores (año)	Nº autores	Base de datos	Título
A1	Orcos <i>et al.</i> , (2022)	3	WoS	Learning Itineraries to Work Mathematic Probability with Future Teachers in an Online Scenario with Deck.Toys Tool
A2	Huerta (2020)	1	WoS	Hipótesis y conjeturas en el desarrollo del pensamiento estocástico: retos para su enseñanza y en la formación de profesores
A3	Leavy y Hourigan(2015)	2	Scopus	Motivating Inquiry in Statistics and Probability in the Primary Classroom
A4	Burbano-Pantoja <i>et al.</i> , (2017)	3	SciELO	Conocimiento base para la enseñanza: un marco aplicable en la didáctica de la probabilidad

Fuente: Elaboración propia

3.1. Autores y citas

En este apartado analizamos aspectos relacionados con los autores. En primer lugar, como se muestra en la Tabla 2, consideramos la cantidad de autores por artículo, donde lo más común es que estén firmado por 3 investigadores (50 %), seguido por un trabajo con 2 autores (25%). Solo se observa un trabajo firmado por un autor (25%). Con lo que se observa que el trabajo en equipos de investigaciones es una tendencia en los artículos analizados.

Por otro lado, la Tabla 3 muestra la cantidad de citas por artículo según Google académico, se evidencia que el 75% de los artículos tienen 14 o más citas, mostrando la relevancia de estos artículos para la literatura científica.

Tabla 3
N° Citas por artículo

Artículo	N° de citas
(A1) Learning Itineraries to Work Mathematic Probability with Future Teachers in an Online Scenario with Deck.Toys Tool	1
(A2) Hipótesis y conjeturas en el desarrollo del pensamiento estocástico: retos para su enseñanza y en la formación de profesores	14
(A3) Motivating Inquiry in Statistics and Probability in the Primary Classroom	31
(A4) Conocimiento base para la enseñanza: un marco aplicable en la didáctica de la probabilidad	36

Fuente: Elaboración propia

Seguidamente, la Tabla 4 muestra la frecuencia de los países de las universidades a la que están adscritos los autores, donde un artículo es firmado por autores que pertenecen a universidades de distintos países. El 50% de los artículos presenten algún autor de una universidad española.

Tabla 4
Países de origen de los autores

País	Frecuencia
España	2
Colombia	1
Irlanda	1

Fuente: Elaboración propia

3.2. Revistas en que se publicaron los artículos

En la Tabla 5 se presentan las revistas en que se publicaron los artículos seleccionados en esta investigación. Se puede evidenciar que todos los artículos están en revistas diferentes, y que todas ellas permiten publicar en idioma español.

Tabla 5
Revista en que se publicaron los artículos analizados

Revista	Frecuencia	Porcentaje
Revista Iberoamericana de Educación a Distancia	1	25%
RELIME	1	25%
BOLEMA	1	25%
Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación	1	25%

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la utilización de herramientas tecnológicas en la enseñanza de la probabilidad se destacan las conclusiones de los artículos; en A1 los estudiantes del grupo experimental que trabajaron con itinerarios de aprendizaje con Deck.Toys obtuvieron mejores puntajes que los estudiantes del grupo control. En el A3, se apoyaron por ruletas virtuales para analizar la ley de grandes números, esto contribuyó enormemente a que los niños pudieran descubrir, mediante la simulación, que el número de ensayos impacta en la teoría y probabilidad experimental. En A4, se da la importancia a los saberes tecnológicos que debe poseer el docente para integrarla en el aula, por lo que el uso de software de simulación para trabajar probabilidad puede tener un impacto en el aprendizaje. El A2 menciona la importancia de la simulación para la resolución de problemas, dado que la experimentación concreta tiene un bajo grado de fiabilidad, y existen diferentes situaciones donde los estudiantes deben hacer cientos de simulaciones, por lo tanto, el uso de tecnología es necesario para hacer estos tratamientos de manera eficiente. Esto es una implicancia dado el avance tecnológico y las habilidades que los estudiantes del siglo XXI debieran desarrollar, por lo que los autores llaman a poner atención en la formación de profesores, específicamente en la estadística y probabilidad.

4. Conclusiones

Hablar sobre el avance tecnológico y cómo afecta en la educación es de suma importancia. En este sentido, Maymina *et al.*, (2018) muestran que se debe reformar la educación sobre las habilidades digitales que se enseñan en los sistemas educativos y cómo estos deben ajustarse a las tendencias mundiales en cuanto al uso de tecnología. Esto implica que los programas en la formación docente también deben avanzar para poder ir a la par con el acelerado incremento de la tecnología y las habilidades del siglo XXI, para poder tener individuos con las habilidades necesarias para enfrentar las demandas del mercado y desafíos propios de la vida cotidiana (Gómez *et al.*, 2024).

Esta investigación revela el estado del arte en cuanto al uso de tecnología en el tópico de la probabilidad, la cual es escasa. Sari *et al.*, (2017) concluyen que la probabilidad se puede introducir desde primaria para poder desarrollar el pensamiento probabilístico y sugieren implementar ruletas giratorias como medio de aprendizaje. Apoyando esta idea, Leavy y Hourigan (2014), afirman que las ruletas virtuales apoyaron a los niños a explorar las probabilidades.

En los artículos analizados, solo dos (A1 y A4) son explícitos en mencionar cuales son las herramientas digitales para trabajar con probabilidades (Deck.Toys y app en línea de iluminaciones, respectivamente), los demás mencionan y sugieren la utilización de software para realizar simulaciones. En este sentido, el punto común son los simuladores para trabajar con la probabilidad real y conjeturar la probabilidad teórica de ciertos eventos y/o problemas de la vida real.

Los resultados de la revisión muestran que, en los últimos 9 años, no ha existido una gran producción científica, que hayan sido publicados en revistas de impacto (Scielo, Scopus, WoS) relacionado con la formación de profesores en el uso de tecnología en la enseñanza de la probabilidad (4 artículos). Existe la posibilidad de que haya más investigaciones al respecto en otras bases de datos que no fueron consideradas en este estudio. Por otro lado, cabe mencionar que solo el 50% de los artículos (A1 y A3) están relacionados a implementaciones de intervención utilizando herramientas digitales, las cuales podrían ser replicables o ajustables en diversos contextos.

Por lo tanto, el desafío es explorar las herramientas digitales que pueden utilizarse para la enseñanza de la probabilidad, desde edades tempranas e integrar eficientemente estas tecnologías en la enseñanza de la probabilidad. Para ello se deben implementar cambios en la formación inicial y continua de profesores de matemática.

Referencias bibliográficas

- Batanero, C., Chernoff, E.J., Engel, J., Lee y H.S. y Sánchez, E. (2016). Research on teaching and learning probability. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-31625-3_1
- Batanero, C. y Álvarez-Arroyo, R. (2024). Teaching and learning of probability. *ZDM Mathematics Education*, 56, 5-17. <https://doi.org/10.1007/s11858-023-01511-5>
- Batanero, C., Godino, J.D. y Roa, R. (2004). Training teachers to teach probability. *Journal of Statistics Education*, 12(1), 1-15. <https://doi.org/10.1080/10691898.2004.11910715>
- Batanero, C. y Díaz, C. (2021). Research on teaching and learning probability. *Educational Studies in Mathematics*, 106(2), 161-179. <https://doi.org/10.1007/s10649-020-09968-8>
- Barragués, J. I., Morais, A. y Guisasaola, J. (2015). Aspectos epistemológicos, históricos y didácticos del conocimiento profesional del profesorado universitario de probabilidad. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 29(51), 183-205. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v29n51a10>
- Burbano-Pantoja, V.M., Valdivieso-Miranda, M.A. y Aldana-Bermúdez, E. (2017). Conocimiento base para la enseñanza: un marco aplicable en la didáctica de la probabilidad. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 7(2), 269-285. <https://doi.org/10.19053/20278306.v7.n2.2017.6070>
- Butt, N. S. (2021). Bibliomining and Comparison of Q4 and ESCI Indexed journals under Statistics and Probability Category. *Pakistan Journal of Statistics and Operation Research*, 17(1), 25-34. <https://doi.org/10.18187/pjsor.v17i1.3243>
- Crowther, M., Lim, W. y Crowther, M. A. (2010). Systematic review and meta-analysis methodology. *Blood*, 116, 3140-3146.
- da Silva R. y Niess M. (2023). Redesigning mathematics preservice teachers' preparation for teaching with technology: A qualitative cross-case analysis using TPACK lenses. *Computers & Education*, 205, 104895. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104895>
- Gómez-Gandía, J.A., Gavrilava-Gavrilava, S., de Lucas Ancillo, A. y del Val Núñez, M.T. (2024). RPA as a challenge beyond technology: self-learning and attitude needed for successful RPA implementation in the Workplace. *Journal of the Knowledge Economy*, 15(1), 1-28. <https://doi.org/10.1007/s13132-024-01865-5>
- Rodríguez-González, B.A., Figueroa-Ibarra, G.N., Guirette-Barbosa, O. y Durán-Muñoz, H.A. (2022). The Use of the Empirical Rule in the Probability Class: A Proposed Application for University Students to Determine the Type of Statistical Thinking. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 22, 521-537. <https://doi.org/10.1007/s42330-022-00237-y>
- Gutiérrez-Saldivia, X. (2014). *Evaluación de la investigación sobre la educación especial en España mediante el análisis cuantitativo de sus tesis doctorales (1978-2013)*. [Trabajo Fin de Máster, Universidad de Granada].
- Huerta, M.P. (2020). Hipótesis y conjeturas en el desarrollo del pensamiento estocástico: retos para su enseñanza y en la formación de profesores. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 23(1), 79-102. <https://doi.org/10.12802/relime.20.2313>
- Leavy, A. y Hourigan, M. (2015). Motivating inquiry in statistics and probability in the primary classroom. *Teaching Statistics*, 37(2), 41-47.
- Lerman, S. (Ed.). (2020). *Encyclopedia of mathematics education*. Springer.

- Lock, R.H., Lock, P.F., Morgan, K.L., Lock, E.F. y Lock, D.F. (2021). *Statistics: Unlocking the power of data* (3rd ed.). Wiley.
- Maymina, E., Divina, T. y Liulia, V. (2018). Digital economy in education: Perspectives and development perspectives. *Espacios*, 39(38), 30.
- McKinsey Global Institute. (2022). *The future of work after COVID-19*. McKinsey & Company.
- Muttadi D., Wahyundin B., Kartasmita B. y Prahmana R. (2017). The integration of technology in teaching mathematics. *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series*, 943, 12020. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/943/1/012020>
- Page, M.J, McKenzie, J.E, Bossuyt, P.M., Boutron, I., Hoffman, T.C., Mulrow, C.D. et al. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372(71), 1-9. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Orcos, L., Jiménez, C. y Magreñán, Á. (2022). Learning Itineraries to Work Mathematic Probability with Future Teachers in an Online Scenario with Deck. Toys Tool. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 25(2), 195-214.
- Prada, R., Peñalosa, M.E. y Rodríguez, J. (2024). Trends and challenges of integrating the STEAM approach in education: A scopus literature review. *Data and Metadata*, 3, 424. <https://doi.org/10.56294/dm2024.424>
- Prendes, M.P. y Cerdán, F. (2021). Tecnologías avanzadas para afrontar el reto de la innovación educativa. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 24(1), 35-53. <http://dx.doi.org/10.5944/ried.24.1.28415>
- Renz, A. y Hilbig, R. (2020). Prerequisites for artificial intelligence in further education: identification of drivers, barriers, and business models of educational technology companies. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 17, 14. <https://doi.org/10.1186/s41239-020-00193-3>
- Repiso, R., Jiménez-Contreras, E. y Aguaded, I. (2017). Revistas Iberoamericanas de Educación en SciELO Citation Index y Emerging Source Citation Index. *Revista Española De Documentación Científica*, 40(4), e186. <https://doi.org/10.3989/redc.2017.4.1445>
- Saritepeci, M. (2022). Modelling the Effect of TPACK and Computational Thinking on Classroom Management in Technology Enriched Courses. *Technology, Knowledge and Learning*, 27, 1155-1169. <https://doi.org/10.1007/s10758-021-09529-y>
- Salinas-Herrera, J. y Salinas-Hernández, U. (2022). Teaching and learning the notion of normal distribution using a digital resource. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 22, 576-590. <https://doi.org/10.1007/s42330-022-00226-1>
- Su, C.S., Hsu, C.C. y Díaz-Levicoy, D. (2020). Investigaciones sobre educación estocástica en primaria en el Acta Latinoamericana de Matemática Educativa (1998-2018). *Tangram*, 3(4), 3-23.
- Vidal-Ledo, M., Oramas-Díaz, J. y Borroto-Cruz, R. (2015). Revisiones sistemáticas. *Educación Médica Superior*, 29(1), 198-207.



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial 4.0 Internacional