

HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS PARA LA ENSEÑANZA DEL SENTIDO ESTOCÁSTICO EN EDUCACIÓN SECUNDARIA

Technological tools for teaching stochastic thinking in secondary education

García-Cuétara, I. y Muñiz-Rodríguez, L.

Universidad de Oviedo

Resumen

Esta comunicación presenta los resultados de una revisión sistemática sobre el uso de la tecnología en la enseñanza de la estocástica en educación secundaria. El análisis se centra en identificar qué herramientas tecnológicas se utilizan con mayor frecuencia y qué saberes básicos del sentido estocástico se trabajan con cada una. Se analizaron 35 artículos científicos, de los que se extrajeron las herramientas tecnológicas empleadas y los saberes básicos del sentido estocástico abordados. Los resultados revelan que GeoGebra y las hojas de cálculo son las herramientas tecnológicas predominantes. La representación gráfica y las medidas de tendencia central son los saberes básicos más frecuentes, presentes cada uno en 13 de los 35 estudios. Además, el análisis cruzado de las herramientas tecnológicas y los saberes básicos muestra que cada herramienta presenta un perfil didáctico claramente diferenciado. Se discuten las implicaciones de estos hallazgos para la práctica docente y la investigación futura.

Palabras clave: educación secundaria, estadística, probabilidad, tecnología.

Abstract

This paper presents the results of a systematic review on the use of technology in the teaching of stochastics in secondary education. The analysis focuses on identifying which technological tools are most frequently used and which basic knowledge of stochastic thinking is addressed with each of them. A total of 35 scientific articles were analysed, from which the technological tools employed and the basic knowledge of the stochastic thinking covered were extracted. The results reveal that GeoGebra and spreadsheets are the predominant technological tools. Graphical representation and measures of central tendency are the most frequent basic knowledge areas, each present in 13 of the 35 studies. Furthermore, the cross-analysis of technological tools and basic knowledge shows that each tool presents a clearly differentiated didactic profile. The implications of these findings for teaching practice and future research are discussed.

Keywords: probability, secondary education, statistics, technology.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo del sentido estocástico, entendido como la capacidad de razonar sobre datos, incertidumbre y probabilidad en contextos reales, constituye uno de los objetivos centrales de la educación matemática en secundaria (Batanero, 2013; Burrill y Biehler, 2011), y ha sido recientemente reafirmado como una prioridad tanto curricular como investigadora (Berciano, 2025). Las recomendaciones internacionales, como las directrices del GAISE College Report (*Guidelines for Assessment and Instruction in Statistics Education*) subrayan la importancia de trabajar con datos reales, fomentar el razonamiento estocástico a lo largo de todo el ciclo de investigación y utilizar la tecnología como herramienta que facilite la exploración y la comprensión conceptual (Bargagliotti et al., 2020; Burrill y Biehler, 2011; Chance et al., 2007).

El papel de la tecnología en la enseñanza de la estocástica en educación secundaria ha sido objeto de creciente atención investigadora. En una revisión sistemática de la literatura realizada por las autoras de este trabajo se identificaron 35 estudios empíricos centrados en este ámbito. No obstante, la amplia diversidad de herramientas empleadas (que abarca desde software estadístico especializado hasta lenguajes de programación, applets de simulación o dispositivos de recogida de datos) dificulta establecer con claridad qué tecnologías se utilizan, con qué finalidad didáctica y para el desarrollo de qué saberes estocásticos concretos. Esta situación pone de relieve la necesidad de analizar con mayor detalle la relación entre las herramientas tecnológicas y los saberes básicos asociados al sentido estocástico. En consecuencia, el objetivo de esta comunicación es analizar qué herramientas tecnológicas se utilizan para enseñar los saberes básicos del sentido estocástico en educación secundaria. Para ello, se plantean tres preguntas de investigación: 1) ¿Qué herramientas tecnológicas se identifican en los estudios empíricos sobre la enseñanza del sentido estocástico en educación secundaria? 2) ¿Qué saberes básicos del sentido estocástico se abordan en dichos estudios? 3) ¿Qué herramientas tecnológicas se utilizan para enseñar cada uno de los saberes básicos del sentido estocástico en educación secundaria según la literatura?

ANTECEDENTES

La investigación acumulada en las últimas décadas ofrece evidencia sobre los beneficios del uso de la tecnología en la enseñanza de la estocástica en educación secundaria. Los estudios analizados en la revisión sistemática que sustenta esta comunicación coinciden de manera generalizada en señalar mejoras en el rendimiento académico del alumnado tras la implementación de intervenciones didácticas que incorporan herramientas tecnológicas (Cujba y Pifarre, 2023; Rizou et al., 2022)

Más allá del rendimiento, la tecnología parece incidir también en el desarrollo de competencias cognitivas específicas. Varios estudios reportan mejoras en la capacidad del alumnado para interpretar gráficos, formular conjeturas, justificar razonamientos y comprender conceptos estocásticos complejos como la aleatoriedad, la inferencia o la distribución normal (Zenteno et al., 2020). Estas ganancias se producen con mayor intensidad en entornos que promueven la exploración guiada, el trabajo colaborativo asistido por ordenador y el aprendizaje basado en problemas o proyectos (Salsabila y Setyaningrum, 2018), lo que sugiere que el efecto de la tecnología no es independiente de la metodología didáctica en la que se inscribe.

La dimensión actitudinal ha recibido menos atención empírica, pero los estudios que la abordan apuntan también en una dirección positiva. Después de aplicar herramientas tecnológicas se han observado mejoras en el interés por la materia y en la percepción de su utilidad (Castro Salas, 2020), una mayor motivación para explorar fenómenos aleatorios (Burbano Pantoja et al., 2015), una reducción de la ansiedad estadística (Cujba y Pifarre, 2023) y valoraciones positivas en dimensiones como la usabilidad, la motivación y la claridad de las explicaciones (Yulindra et al., 2023).

Sin embargo, pese a la evidencia acumulada sobre sus beneficios, la literatura no ha abordado sistemáticamente qué herramienta resulta más adecuada para qué contenido estocástico concreto, lo que en este trabajo se denomina perfil didáctico de cada herramienta. Burrill y Biehler (2011) ya advirtieron que herramientas como TinkerPlots y Fathom no son intercambiables, sino que responden a orientaciones pedagógicas distintas; y el marco TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) (Mishra y Koehler, 2006) subraya que el conocimiento tecnológico-pedagógico del contenido exige precisamente ese tipo de correspondencia, una cuestión destacada también en investigaciones recientes (Sancho-Blanco et al., 2025). Esta comunicación parte de ambos antecedentes para cubrir ese vacío.

METODOLOGÍA

La revisión sistemática de la literatura llevada a cabo siguiendo las directrices PRISMA (Page et al., 2021) identificó en las bases de datos Web of Science y Scopus 35 estudios empíricos (en su mayoría

diseños de intervención educativa) publicados entre 2014 y 2024 sobre el uso de la tecnología en la enseñanza de la estocástica en educación secundaria. Esta revisión aborda cinco preguntas de investigación relativas a las características del contexto, las herramientas tecnológicas empleadas, las metodologías utilizadas, el impacto en el aprendizaje y las actitudes del alumnado, y las dificultades de implementación. Los resultados completos están pendientes de publicación en otro trabajo. La presente comunicación se centra específicamente en los resultados relativos al uso de herramientas tecnológicas y presenta un análisis original no incluido en el trabajo previo: el cruce sistemático entre cada herramienta identificada y los saberes básicos del sentido estocástico trabajados en cada intervención. Este análisis permite trazar un mapa de correspondencias entre tecnologías y contenidos estocásticos en educación secundaria, una dimensión ausente tanto en la revisión de origen como en la literatura previa sobre el tema.

Los saberes básicos abordados en cada estudio se extrajeron directamente del texto y se agruparon tomando como referencia la organización del sentido estocástico establecida en el currículo de educación secundaria (Ministerio de Educación y Formación Profesional, 2022), estructurado en torno a tres grandes ideas: organización y análisis de datos, incertidumbre, e inferencia. A efectos analíticos, estos saberes se distinguen entre contenidos descriptivos básicos (representación gráfica, medidas de tendencia central y dispersión, tablas de frecuencia) y contenidos de mayor complejidad conceptual (distribuciones estadísticas, inferencia, correlación y regresión), distinción que responde a la caracterización de Garfield y Ben-Zvi (2008), según la cual son estos últimos los que permiten al alumnado razonar estadísticamente en sentido pleno. El uso de los saberes básicos como categoría de análisis responde a la necesidad de operacionalizar el sentido estocástico como un constructo amplio que integra conocimientos, razonamientos y prácticas estadísticas (Batanero, 2013), mediante un marco alineado con el currículo y con las recomendaciones internacionales sobre enseñanza de la estadística. El procedimiento de codificación consistió en una lectura detallada de cada artículo, identificando de forma explícita los saberes básicos trabajados en la intervención. Los saberes básicos identificados se clasificaron en los siguientes bloques: recogida y organización de datos, representación gráfica, medidas de tendencia central, medidas de dispersión, tablas de frecuencia y contingencia, correlación y regresión, probabilidad, distribuciones estadísticas, estadística inferencial, formulación de preguntas estadísticas y contenido no especificado cuando el estudio no detallaba los saberes abordados. Se permitió la codificación múltiple cuando un estudio abordaba varios saberes y se utilizó la categoría “contenido no especificado” en los casos de información ambigua o insuficiente. Dado que algunos estudios analizados tienen procedencia internacional, esta clasificación no responde a la terminología curricular de cada país de origen, sino que constituye un marco de categorización adoptado por las autoras con el fin de facilitar la interpretación de los resultados en el contexto nacional en el que se enmarca esta comunicación.

Las herramientas tecnológicas se identificaron a partir de las referencias explícitas a los recursos digitales empleados en cada intervención. El proceso de codificación consistió en registrar cada herramienta mencionada, normalizando la denominación para evitar duplicidades, y permitiendo la codificación múltiple cuando se empleaban varias herramientas en un mismo estudio. No se establecieron categorías de herramientas a priori, ya que el objetivo del análisis era examinar su relación con los saberes básicos del sentido estocástico, permitiendo que los perfiles didácticos de las herramientas emergieran del análisis cruzado con dichos saberes.

RESULTADOS

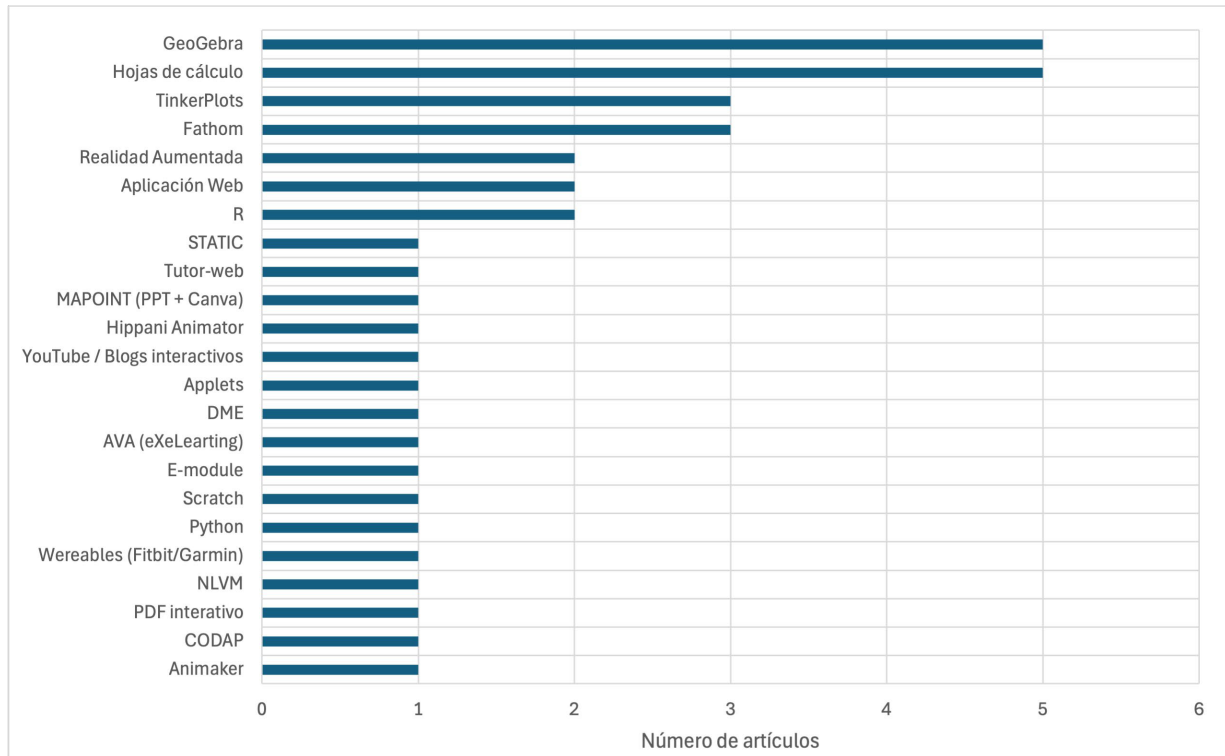
Herramientas tecnológicas identificadas

El análisis de los 35 artículos seleccionados revela una notable diversidad tecnológica: se identificaron un total de 23 herramientas distintas (Figura 1), lo que pone de manifiesto la heterogeneidad de recursos digitales empleados en la enseñanza de la estocástica en educación secundaria. GeoGebra y las hojas de cálculo son las herramientas más frecuentes, presentes en 5

artículos. A continuación, se sitúan Fathom y TinkerPlots, con 3 estudios cada una, y R, la realidad aumentada y las aplicaciones Web con 2. Las 16 herramientas restantes aparecen en un único estudio, lo que refleja una marcada dispersión en este campo de investigación.

Figura 1

Herramientas tecnológicas identificadas en los estudios analizados. Fuente: elaboración propia.

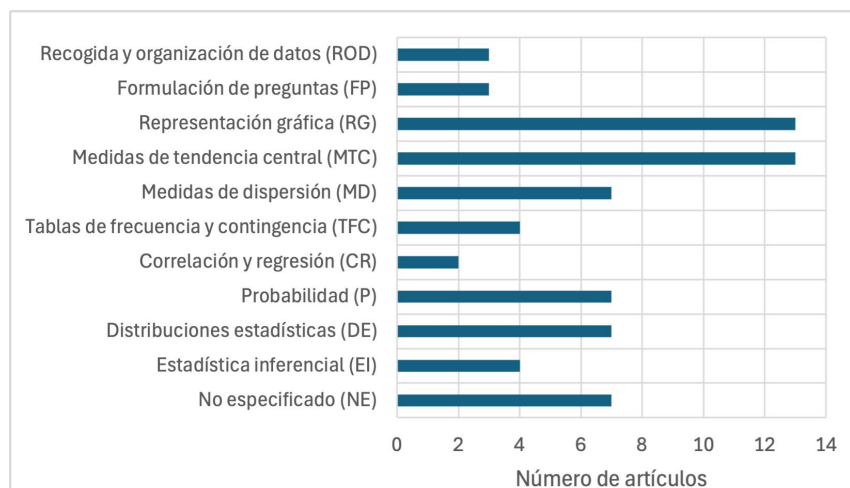


Saberes básicos identificados

El análisis de los saberes básicos del sentido estocástico trabajados en los 35 artículos seleccionados muestra una distribución desigual entre los distintos bloques (Figura 2).

Figura 2

Saberes básicos identificados en los estudios analizados. Fuente: elaboración propia.



Relación entre las herramientas tecnológicas y los saberes básicos del sentido estocástico

El análisis cruzado entre las herramientas tecnológicas identificadas y los saberes básicos del sentido estocástico trabajados en cada estudio, cuya distribución completa se recoge en la Tabla 1, permite trazar un mapa de correspondencias que revela patrones de uso. Las hojas de cálculo son la herramienta más frecuente y presentan el perfil más transversal: su uso abarca saberes heterogéneos, desde la representación gráfica y las medidas de tendencia central hasta las tablas de frecuencia y la correlación y regresión lineal. Cuando se combina con applets de probabilidad, incorpora también ese bloque temático. Esta versatilidad refleja su condición de herramienta de propósito general, lo que puede explicar tanto su amplia adopción como la diversidad de usos que se le da en los distintos estudios. GeoGebra destaca por su perfil temático amplio y diversificado. Sus cinco artículos cubren un espectro que va desde los contenidos descriptivos más habituales: medidas de dispersión (3 artículos), medidas de tendencia central (2) y representación gráfica (1), hasta contenidos de mayor complejidad conceptual como las distribuciones estadísticas (2 artículos) y la estadística inferencial (1). Fathom, en cambio, muestra una orientación más especializada. Los tres estudios que la utilizan se centran en las distribuciones estadísticas, con especial atención a la distribución normal, y en la estadística inferencial, lo que la posiciona como una herramienta especialmente adecuada para los contenidos de mayor nivel conceptual del currículo. Su uso parece asociarse a etapas avanzadas de la educación secundaria, donde estos saberes básicos tienen mayor presencia curricular.

TinkerPlots, por su parte, aparece vinculada principalmente al análisis exploratorio de datos: representación gráfica y medidas de tendencia central, favoreciendo una aproximación visual e intuitiva a los datos. Cuando se combina con el entorno digital DME, su alcance se amplía hacia la estadística inferencial, lo que sugiere que la plataforma de apoyo puede jugar un papel determinante en la profundidad estadística que se alcanza con la herramienta. La realidad aumentada presenta el perfil más delimitado de todas las herramientas analizadas: los dos artículos en que aparece la utilizan exclusivamente para trabajar la probabilidad, a través de la simulación de experimentos aleatorios en entornos inmersivos. Aunque su presencia es todavía reducida, su uso consistente en este bloque temático apunta a un nicho didáctico específico con potencial para seguir desarrollándose.

Resulta especialmente llamativo el caso de Animaker, CODAP y los dispositivos wearables (Fitbit y Garmin), que comparten un rasgo distintivo respecto al resto de herramientas: son las únicas que sitúan explícitamente la formulación de preguntas estadísticas y el ciclo de investigación en el centro de la intervención didáctica. Mientras la mayoría de las herramientas se emplean para trabajar contenidos estadísticos concretos de forma procedimental, estas tres propician un enfoque más integrador, en el que el alumnado recoge datos propios, formula preguntas con sentido y toma decisiones basadas en evidencia, en consonancia con las recomendaciones del informe GAISE (Bargagliotti et al., 2020).

Finalmente, Scratch merece una mención especial por la singularidad de su perfil. El único artículo que lo utiliza, en el marco de un videojuego educativo, aborda tablas de contingencia, distribuciones conjunta y marginal, dependencia e independencia de variables y regresión lineal, que constituyen los saberes básicos del sentido estocástico de mayor nivel de todos los estudios analizados. Este hallazgo, aunque basado en un único estudio, abre una línea de reflexión sobre el potencial de los entornos de programación y gamificación para trabajar conceptos estocásticos avanzados que habitualmente reciben escasa atención en la investigación sobre tecnología y estocástica en secundaria.

Tabla 1

Relación entre herramientas tecnológicas y saberes básicos identificados en los estudios analizados. Fuente: elaboración propia.

Tecnología	N	OAD					CR		PI		I	NA
		ROD	FP	RG	MTC	MD	TFC	CR	P	DE	EI	
Hojas de cálculo	7			2	1		1	1	1	1		
GeoGebra	5			1	2	3				2	1	1
Fathom	3			1	1	1				2	2	
TinkerPlots	3			2	2							
R	2			1					1			
Realidad aumentada	2								2			
Animaker	1	1	1	1	1							
CODAP	1	1	1									
Scratch	1						1	1		1		
Python	1				1							
Wearables (Fitbit/Garmin)	1	1	1	1	1							
NLVM	1								1			
PDF interactivo	1								1	1		
Aplicación Web	1			1	1	1						1
E-module	1				1	1						
YouTube/Blogs	1			1	1		1					
Applets	1			1			1		1			
DME	1			1	1	1					1	
AVA (eXeLearning)	1											1
Tutor – web	1											1
STATIC	1											1
Hippani	1											1
Animator	1											1
MAPOINT (PPT + Canva)	1											1

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados muestran que la investigación sobre uso de tecnología para la enseñanza del sentido estocástico en secundaria se concentra mayoritariamente en la estadística descriptiva. Como muestra la Figura 2, la representación gráfica y las medidas de tendencia central son los saberes más frecuentes, lo que sugiere que la tecnología se emplea preferentemente para apoyar la comprensión de contenidos básicos. Esta tendencia puede interpretarse, por un lado, como reflejo de las prioridades curriculares de la etapa y, por otro, como un uso aún limitado del potencial de la tecnología para promover competencias estocásticas de mayor complejidad. Rodríguez-Muñoz y Díaz (2018) constatan que esta infrarrepresentación de los contenidos más complejos es una tendencia transversal en la educación estocástica en secundaria, coherente con lo que Garfield y Ben-Zvi (2008) ya señalaron: la enseñanza de la estadística tiende a centrarse en procedimientos aislados y contenidos descriptivos, sin promover la comprensión interrelacionada de las grandes ideas estadísticas que permiten al alumnado razonar estadísticamente.

La escasa presencia de la correlación y la regresión y de la formulación de preguntas estadísticas dentro del ciclo de investigación resulta llamativa. Tal como muestra la Figura 2, apenas tres estudios del total trabajan explícitamente estas fases del ciclo estadístico, a pesar de que las recomendaciones curriculares internacionales, como el informe GAISE (Bargagliotti et al., 2020), la sitúan en el centro de la educación estadística.

La diferenciación funcional entre herramientas es un hallazgo relevante para la práctica docente. La elección de GeoGebra frente a Fathom, de TinkerPlots frente a las hojas de cálculo, o de CODAP frente a una hoja de cálculo no es neutra: cada herramienta lleva implícita una determinada orientación didáctica y facilita el trabajo con ciertos contenidos más que con otros. Los resultados de esta investigación son consistentes con la caracterización de Burrill y Biehler (2011): TinkerPlots favorece la exploración visual apropiada para los primeros niveles de secundaria, mientras que Fathom apoya el razonamiento inferencial en niveles superiores. Estas correspondencias son precisamente el tipo de conocimiento que el marco TPACK considera indispensable para la práctica docente y el diseño curricular.

Finalmente, la elevada dispersión tecnológica (Figura 1) limita la acumulación de evidencia empírica y confirma la necesidad de investigaciones más sistemáticas y comparativas, tal como ya advertían Chance et al. (2007).

Este estudio presenta limitaciones inherentes a su diseño. La búsqueda se restringió a WoS y Scopus en inglés y español, lo que puede haber excluido trabajos relevantes en otras bases de datos o idiomas. Además, el reducido número de estudios por herramienta limita la solidez de las correspondencias identificadas. El análisis es descriptivo y no permite establecer relaciones causales entre el uso de una herramienta y el aprendizaje de un saber concreto.

Esta comunicación muestra que cada herramienta tecnológica presenta un perfil didáctico diferenciado en la enseñanza del sentido estocástico en secundaria: GeoGebra destaca por su versatilidad transversal, Fathom por su orientación hacia la inferencia, TinkerPlots por el análisis exploratorio visual y la realidad aumentada por la simulación de experimentos aleatorios. Estos resultados, encuadrados en el marco TPACK, tienen implicaciones directas para la formación del profesorado y el diseño curricular. Como líneas futuras, se identifican dos prioridades: diseñar intervenciones para los saberes menos representados y desarrollar el TPACK específico del dominio estocástico en la formación del profesorado de matemáticas.

Referencias

- Bargagliotti, A., Franklin, C. A., Arnold, P. y Scheaffer, R. (2020). *Guidelines for assessment and instruction in statistics education (GAISE) college report 2016*. American Statistical Association.
- Batanero, C. (2013). Sentido estadístico: componentes y desarrollo. En J. M. Contreras, G. R. Cañadas, M. M. Gea y P. Arteaga (Eds.), *Actas de las Jornadas Virtuales en Didáctica de la Estadística, Probabilidad y Combinatoria* (pp. 55-61). Universidad de Granada.
- Berciano, A. (2025). Retos de la investigación sobre sentido estocástico en proyectos STE(A)M de educación secundaria. En M. Burgos, M. C. Cañadas, J. M. Marbán e I. Polo-Blanco (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXVIII* (pp. 20-40). SEIEM.
- Burbano Pantoja, V. M. Á., Pinto Sosa, J. E. y Valdivieso Miranda, M. A. (2015). Ways to use simulation as a teaching resource. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, 45, 16–37.
- Burrill, G. y Biehler, R. (2011). Fundamental statistical ideas in the school curriculum and in training teachers. En C. Batanero, G. Burrill, y C. Reading (Eds.), *Teaching Statistics in School Mathematics-Challenges for Teaching and Teacher Education* (pp. 57-69). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-1131-0_10
- Castro Salas, A. (2020). Exploración y modificación de la actitud de los estudiantes de pre-universitario hacia el estudio de las matemáticas. *Transformación*, 16(3), 610-621.

- Chance, B., Ben-Zvi, D., Garfield, J. y Medina, E. (2007). The role of technology in improving student learning of statistics. *Technology Innovations in Statistics Education*, 1(1), 1-27. <https://doi.org/10.5070/T511000026>
- Cujba, A. y Pifarre, M. (2023). Relationships between the learning of statistics and the attitudes of students in the framework of a data analysis project with technology. *Mathematics Education*, 35, 196-225. <https://doi.org/10.24844/EM3502.08>
- Garfield, J. y Ben-Zvi, D. (2008). *Developing students' statistical reasoning: Connecting research and teaching practice*. Springer.
- Ministerio de Educación y Formación Profesional (2022). Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria. *Boletín Oficial del Estado*, 76, 41571-41789. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/03/29/217>
- Mishra, P. y Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372(71), 1-9. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Rizou, O., Klonari, A. y Kavroudakis, D. (2022). Investigating the Impact and Effectiveness of an ICT-based Teaching Scenario on Secondary School Students' Geospatial and Statistical Literacy: A Case Study from Greece. *European Journal of Geography*, 13, 50-69. <https://doi.org/10.48088/ejg.o.riz.13.3.050.069>
- Rodríguez-Muñiz, L. J. y Díaz, P. (2018). Las investigaciones sobre la estadística y la probabilidad en los libros de texto de Bachillerato. ¿Qué se ha hecho y qué se puede hacer? *Avances de Investigación en Educación Matemática*, 14, 65-81. <https://doi.org/10.35763/aiem.v0i14.218>
- Sancho-Blanco, V., Arnal-Bailera, A. y Manero, V. (2025). Cuestionario para evaluar el desarrollo del TPACK en docentes de Matemáticas. En M. Burgos, M. C. Cañadas, J. M. Marbán e I. Polo-Blanco (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXVIII* (pp. 397-404). SEIEM.
- Salinas, J., Valdez-Monroy, J. C., Salinas-Hernández, U., Sánchez, E. y Carrillo, J. (2021). Análisis de una secuencia para la noción de distribución de probabilidad usando un recurso computacional. En P. D. Diago, D. F. Yáñez, M. T. González-Astudillo y D. Carrillo (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXIV* (pp. 545-552). SEIEM.
- Salsabila, N. H. y Setyaningrum, W. (2018). Game "STATIC": Is it interesting for students? *Journal of Physics: Conference Series*, 1097, 012105. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1097/1/012105>
- Yulindra, D., Swastika, A., Negara, H. R. P., Setyaningsih, R. y Nurcahyo, A. (2023). E-module based on statistical literacy in mathematics learning. *Proceeding of international summit on education, technology, and humanity 2021*, 2727(1), 020075. <https://doi.org/10.1063/5.0141914>
- Zenteno Ruiz, F. A., Rivera Espinoza, T. A. y Pariona Cervantes, D. J. (2020). Treatment of dispersion measurements by means of GeoGebra software. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(1), 244-250.