



IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS PARA ENSEÑAR PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

Implementation of Technological Tools Teaching Probability and Statistics: Systematic Review

LUISA RAMÍREZ GRANADOS, JOSÉ ALBERTO RODRÍGUEZ MORALES

Universidad Autónoma de Querétaro, México

KEYWORDS

*Probability
Statistics
Systematic Review of
Literature
Teaching
Technology*

ABSTRACT

This paper analyses how technological tools are implemented and what impact they have on teaching of Probability and Statistics at secondary school onwards. A Systematic Review of Literature was conducted in order to obtain qualitative and quantitative data on reported research. It is highlighted that implementation of information and communication technology (ICT) educational tools in Probability and Statistics allows to know and explore the applications and thus deepen the learning of these topics, which would generate a desirable statistical culture for everyday situations.

PALABRAS CLAVE

*Probabilidad
Estadística
Revisión Sistemática de la
Literatura
Enseñanza
Tecnología*

RESUMEN

El presente trabajo analiza cómo se implementan y qué impacto tienen las herramientas tecnológicas para la enseñanza de la Probabilidad y Estadística a partir de nivel medio. Se realizó una Revisión Sistemática, para así obtener datos cualitativos y cuantitativos sobre las investigaciones reportadas. Se destaca que la implementación de herramientas tecnológicas de la información y la comunicación (TIC) en la educación en el área de Probabilidad y Estadística permite conocer y explorar las aplicaciones del área y así profundizar en el aprendizaje de las temáticas, lo que permitiría generar una cultura estadística deseable para situaciones cotidianas.

Recibido: 03/ 05 / 2023

Aceptado: 22/ 08 / 2023

1. Introducción

La enseñanza de la probabilidad y estadística se ha valorado en los últimos años debido a las diferentes aplicaciones, intervenciones y utilidad en diversas áreas del conocimiento, por lo que resulta fundamental que los docentes que imparten dichos temas a partir de nivel medio, los dominen y sepan cómo enseñarlos, de aquí la importancia de la formación docente en el área y la aplicación de las tecnológicas de la información y la comunicación (TIC) en la enseñanza.

La intención de introducir probabilidad y estadística desde niveles tempranos no es generar expertos en el área, pero sería ideal para lograr una cultura estadística y probabilística que permitiera aplicar estos conocimientos en problemas cotidianos, como análisis de datos, estimación de eventos probables y creación o interpretación de gráficos que resultan necesarios para decisiones o dar solución a problemas cotidianos de cualquier persona (Batanero y Godino, 2005).

En el proceso de enseñanza – aprendizaje es claro que tanto el docente como el estudiante juegan los roles fundamentales para permitir el desarrollo del conocimiento, pero el profesor es quien lidera o guía este proceso, por lo que debe poseer conocimientos disciplinares que le permitan cumplir con los objetivos del curso. Si bien, es necesario que los docentes dominen los tópicos del área, resulta indispensable que estos conozcan las técnicas y/o estrategias didáctico-pedagógicas que les permitan enseñar de forma óptima los conceptos y sus aplicaciones (Godino, 2002).

A pesar de que hoy en día se reconoce la importancia de dichas áreas del conocimiento dentro de la sociedad, además de que se utilizan de forma cotidiana y reiterada, eso no implica que sus aplicaciones o interpretación sea de dominio general, de hecho diversas investigaciones que han estudiado el problema de la enseñanza y aprendizaje de Probabilidad y Estadística han llegado a la conclusión de que la carencia del aprendizaje en los conceptos enseñados no es sólo consecuencia del desinterés o mecanización por parte de los estudiantes, si no que en ocasiones es consecuencia de que los docentes en activo y en formación muestran dificultad para comprender temas referentes a la Probabilidad y Estadística, lo que los lleva a despreciar o minimizar los tópicos del área (Cuevas y Ramírez, 2018; Fernandes et al., 2019; López y Soto Urrea, 2019; Rivas et al., 2019; Ruíz et al., 2015).

Por otro lado, Batanero (2004) también describe que no se alcanza el objetivo dado que los profesores de niveles básicos dejan estos temas para el final de sus cursos y con frecuencia los omiten, ya sea por falta de tiempo durante el curso o por desconocer sobre las temáticas, lo que conlleva a que el alumno solvente esta falta de conocimiento con un aprendizaje memorístico haciéndolo incapaz de aplicar esta rama en su vida profesional.

La insuficiencia de cursos o medios formales para preparar a los profesores que enseñan tópicos sobre Probabilidad y Estadística, evidencia el porqué de la problemática al impartir la materia, ya que, además, los recursos deben propiciar la reflexión sobre la selección de situaciones y problemáticas que propicien su uso y den el sentido a los conceptos (Godino, 2002; Inzunza, 2017).

Gracias a la globalización y el acceso a herramientas digitales en diversas plataformas que por su propia naturaleza, buscan mejorar el proceso de enseñanza – aprendizaje, en los niveles medio, medio-superior y superior de educación, las TIC han sido fundamentales y de gran uso en los últimos años por parte de los docentes o incluso consultadas y desarrolladas por los mismos estudiantes, porque facilitan la creación de contenido, situaciones didácticas e incluso como técnicas de motivación con la finalidad de favorecer al proceso de aprendizaje de los alumnos y a la vez subsanar la carencia de conocimientos, por lo que resulta de interés para esta investigación profundizar en los resultados obtenidos de implementaciones de este tipo.

Este artículo presenta un análisis sistemático resultado de la revisión de artículos publicados en un periodo de cinco años, comprendido entre los años 2017 y 2021, que estén relacionados con la implementación de TIC y el impacto de dichas herramientas para la enseñanza de la Probabilidad y Estadística. Dado que la tecnología aplicada en el proceso de enseñanza-aprendizaje es una disciplina orientada en brindar solución a diferentes tipos de problemáticas educativas, el objetivo del presente trabajo fue conocer cómo se han implementado y qué impacto tienen dichas herramientas para la enseñanza de esta materia a partir de nivel medio (secundaria, bachillerato, licenciatura, posgrado y formación de docentes), por lo que con la finalidad de dar sustento y fortalecer la investigación antes mencionada, se realizó el planteamiento de la siguiente pregunta de investigación: “¿cómo se mide el impacto que tienen las herramientas tecnológicas en la enseñanza de la Probabilidad y Estadística a partir de nivel medio?”, lo cual brindaría la posibilidad de plantear nuevas hipótesis que puedan derivar en propuestas innovadoras para el área.

2. Metodología

A continuación, se describen las cuatro etapas para la búsqueda de los artículos científicos publicados en revistas de libre acceso entre los años 2017 y 2021, seleccionando aquellos que dieran respuesta a la pregunta de investigación planteada, tomando como referencia la metodología *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*, PRISMA por sus siglas en inglés, la cual presenta una lista de verificación para realizar adecuadamente una revisión sistemática de la literatura, que si bien no todos los puntos fueron considerados en esta investigación se tomó como base este método (Page y Moher, 2017). Por otra parte, también se consideraron criterios basados en el marco PICOS, por sus siglas en inglés hace referencia a *Populations, Interventions, Comparisons, Outcomes, Study Design*, definiendo así las características que debían tener los artículos para ser considerados en el presente estudio (Moher et al., 2010):

- a. Población: las investigaciones incluidas en el análisis debieron ser implementadas en estudiantes de nivel medio, medio-superior y superior o docentes en formación o en activo.
- b. Intervenciones: se consideraron los estudios que aplicaron TIC en cursos o temas sobre estadística y/o probabilidad.
- c. Comparaciones: se realizaron mediante su metodología de la intervención y procesos de evaluación, por lo tanto, este procedimiento debía estar descrito de forma clara y precisa.
- d. Resultados: los resultados referidos en las investigaciones deben estar sustentados tanto por lo realizado en la metodología como en el análisis de datos, sin embargo, se tomarán en cuenta todos los artículos, aunque no tengan desarrollada explícitamente esta sección con la intención de contar un mayor número de estudios relacionados con esta investigación, para profundizar en este punto se realizó un análisis de riesgo de sesgos.
- e. Diseño: dado que en el área educativa la variedad de diseños de las propuestas didácticas es amplia, de acuerdo con los objetivos o el público a quien va dirigida la propuesta, no se restringe en este aspecto a los estudios incluidos, solamente se revisó que se detallaran los pormenores en cada uno.

Con el propósito de realizar la búsqueda y selección de artículos sin sesgos o inferencias subjetivas, se llevaron a cabo cuatro etapas con el siguiente orden: 1) criterios de inclusión y exclusión de información, 2) proceso de selección de artículos, 3) obtención de datos y procedimiento de análisis y 4) discusión y conclusiones.

2.1. Criterios de inclusión y exclusión de información

La búsqueda de artículos científicos se realizó en los siguientes exploradores académicos y científicos: Dialnet, Eric, Mendeley, Redalyc, Scielo y ScienceDirect, seleccionando los artículos en revistas de libre acceso, mediante las fórmulas planteadas tanto en inglés como en español con la estructura que se describe a continuación:

- a. "statistics course" AND "probability course" AND "didactic" OR "teaching" OR "ICT" / "estadística" Y "probabilidad" Y "didáctica" O "enseñanza" O "TIC"
- b. "statistics course" AND "probability course" AND "didactic" OR "teaching" / "estadística" Y "probabilidad" Y "didáctica" O "enseñanza"

En cada uno de los buscadores se dio preferencia a la fórmula que arrojara mayor cantidad de resultados de artículos científicos en español, inglés o portugués de los cinco años de interés para este estudio (a partir del año 2017 hasta 2021) que se relacionara con áreas de educación, tecnología educativa y matemáticas, en particular con tópicos relacionados con probabilidad y estadística, cabe resaltar que se descartaron aquellos artículos que no tuvieran que ver con alguna de estas áreas, por ejemplo, aquellos que hacían referencia a análisis estadísticos o probabilísticos aplicados en temas de salud, filosóficos, computacionales, entre otros. Hay que hacer notar que se priorizó la búsqueda de artículos científicos cuya estructura y presentación de la información contienen los elementos de resumen, introducción, metodología, resultados o discusión y conclusiones.

Es importante resaltar que se verificó que la población de la muestra del estudio fuera un grupo de nivel medio o superior, que en efecto se hayan utilizado propuestas y secuencias didácticas con herramientas TIC o que se hayan implementado actividades con estas características, además de un análisis con los resultados pertinentes y coherentes al objetivo del estudio publicado para obtener

aquellas investigaciones que tuvieran que ver con el objetivo de esta investigación (Linares-Espinós et al., 2018).

2.2. Proceso de selección de artículos

La búsqueda y descarga de los artículos se realizó en marzo del 2022, y como parte de la exploración inicial se consideró el título, el resumen, así como las palabras clave del artículo y de acuerdo con su relación con el tema de investigación, se decidía integrarlos o no; una vez hecho este ejercicio, se descargaron un total de 150 artículos científicos de los diferentes buscadores ya mencionados, la distribución se indica en la tabla 1.

Tabla 1. Cantidad de artículos científicos descargados por buscador

Buscador	Artículos obtenidos
Dialnet	6
Eric	8
Mendeley	5
Redalyc	35
Scielo	17
ScienceDirect	79
Total	150

Fuente: Elaboración propia, 2023.

La base de artículos de cada buscador académico se descargó a *Mendeley*, software de gestión de referencias, y al hacer el análisis no se obtuvieron duplicados entre los 150 artículos, por lo que se procedió a revisarlos de acuerdo al año de publicación, encontrando que, debido a la falta de metadatos en la descarga de los documentos, 17 de estos no cumplían con la datación, por lo que fueron descartados.

En relación a los 133 artículos restantes se procedió a revisarlos, considerando aquellos que cumplían con la población de interés y con la intervención, es decir, los que describieran la implementación o aplicación de las TIC para estudiantes de nivel medio en adelante o aquellos que involucraban docentes en formación o activos. Como se mencionó anteriormente, no se discriminaron artículos por su metodología, diseño didáctico o resultados para así comparar la mayor cantidad posible, considerando la diversidad de enfoques al enseñar o implementar una investigación de tecnología educativa, mientras fueran claros en los métodos seguidos y resultados obtenidos.

Además, con la finalidad de cumplir con los criterios ya definidos, se excluyeron aquellos que no se adecuaban al planteamiento de pregunta de investigación de este artículo, ya fuera porque se trataban de revisiones sistemáticas o bibliográficas o por ser trabajos que mencionaban las palabras clave como "Estadística" y "Probabilidad" pero en realidad eran análisis o aplicaciones no relacionadas con la enseñanza o propuestas didácticas de esta área.

En tal sentido y con relación al proceso de inclusión y exclusión desde el inicio de la búsqueda, así como las razones del por qué se descartaron cierto número de artículos que no fueron considerados para el análisis, se muestra en la figura 1 el diagrama sobre el procedimiento de selección de los artículos que se incluyeron en el presente estudio.

Figura 1. Proceso de selección e inclusión de artículos



Fuente: Elaboración propia, 2023.

3. Resultados

En relación con el procedimiento para el análisis y obtención de datos, este se realizó en dos etapas, la primera sobre el análisis descriptivo de los artículos y la segunda sobre el análisis de las variables de estudio, a continuación, se presenta de manera detallada los resultados derivados de éstos.

3.1. Análisis descriptivo

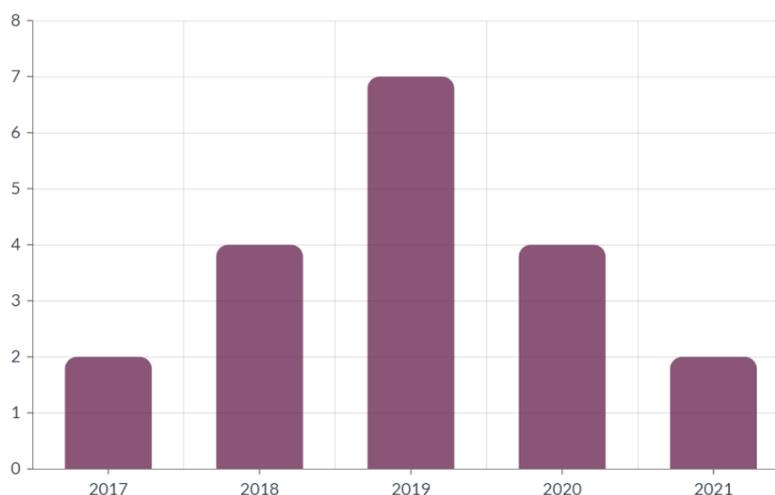
Con respecto a los 19 artículos que se obtuvieron al finalizar el proceso de inclusión y exclusión descrito en la figura 1, la distribución final de los estudios por buscador fue de la siguiente manera, 1 de Eric, 1 de Mendeley, 7 de Redalyc, 7 de Scielo y 3 de ScienceDirect; las características generales de los artículos como su(s) autor(es), año y país en donde desarrollaron las investigaciones, se muestran en la tabla 2; es importante mencionar que para el caso del estudio reportado en Cuevas y Ramírez (2018) se hizo una intervención tanto en Costa Rica como en México, por lo que este artículo fue considerado en ambos países.

Tabla 2. Artículos por autor, año y país

No. de artículo	Autor y año	País
1	Malaspina y Malaspina (2020)	Perú
2	Araújo y Carvalho (2021)	Brasil
3	Esponda et al. (2017)	Ecuador
4	Ferrando Palomares et al. (2018)	España
5	García-Carro y Sánchez-Sellero (2018)	España
6	López y Soto Urrea (2019)	Colombia
7	Moral de la Rubia et al. (2020)	México
8	Roldán-López et al. (2020)	España
9	Soto-Hernández et al. (2020)	Chile
10	Inzunza Cazares (2017)	México
11	Ruiz Ledesma (2018)	México
12	Cuevas y Ramírez (2018)	Costa Rica y México
13	Fernandes et al. (2019)	Portugal
14	Vásquez Ortiz et al. (2019)	Chile
15	Rivas Catricheo et al. (2019)	España
16	Cantú Martínez y Santoyo Stephano (2019)	México
17	Jiroutek et al. (2019)	Estados Unidos
18	Bakogianni y Potari (2019)	Grecia
19	Ma y Qin (2021)	Estados Unidos

Fuente: Elaboración propia, 2023.

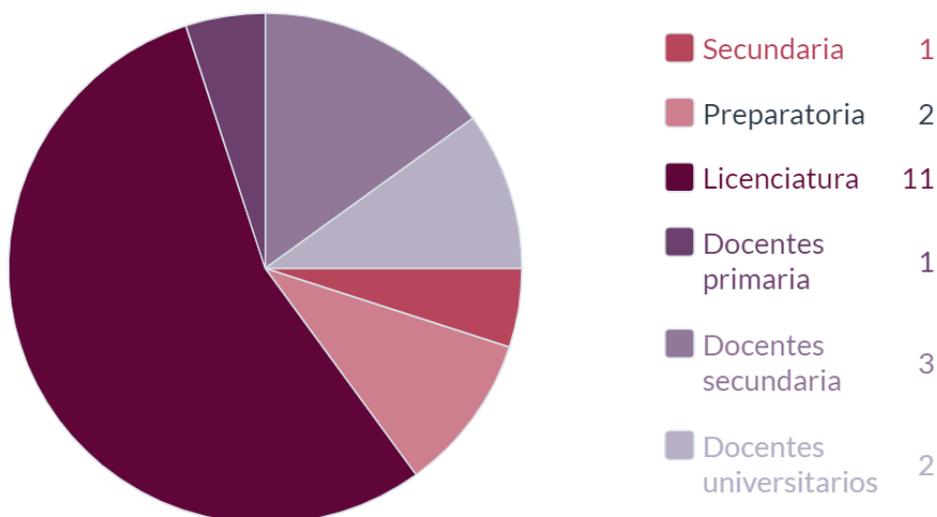
Lo expuesto en la tabla 2 indica que el año en que se divulgó la mayor cantidad de artículos fue en el 2019, con siete trabajos de interés para esta investigación, seguido por los artículos publicados en 2018 y 2020, con cuatro en cada uno de estos años, y por último dos publicaciones en 2017 y 2021, esta información se presenta a continuación, en la figura 2.

Figura 2. Número de artículos por año de su publicación

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Se debe agregar que con la información de la tabla 2, se observa que la mayoría de los estudios reportados en los artículos se realizaron en México (5) y España (4), seguidos de Estados Unidos y Chile (2 cada uno), y de otros países como Brasil, Costa Rica, Colombia, Ecuador, Grecia, Perú y Portugal sólo

Figura 4. Número de artículos por población de estudio



Fuente: Elaboración propia, 2023.

3.2. Análisis de las variables de estudio

Se realizó también una clasificación de los artículos por las características descritas reportadas en cada uno, como es la población de interés, el tamaño de la muestra, el instrumento de medición y las variables de interés que se describían en cada estudio, la información se sintetiza en la tabla 3, esto con la finalidad de realizar un análisis exhaustivo, además del mencionado en la sección anterior.

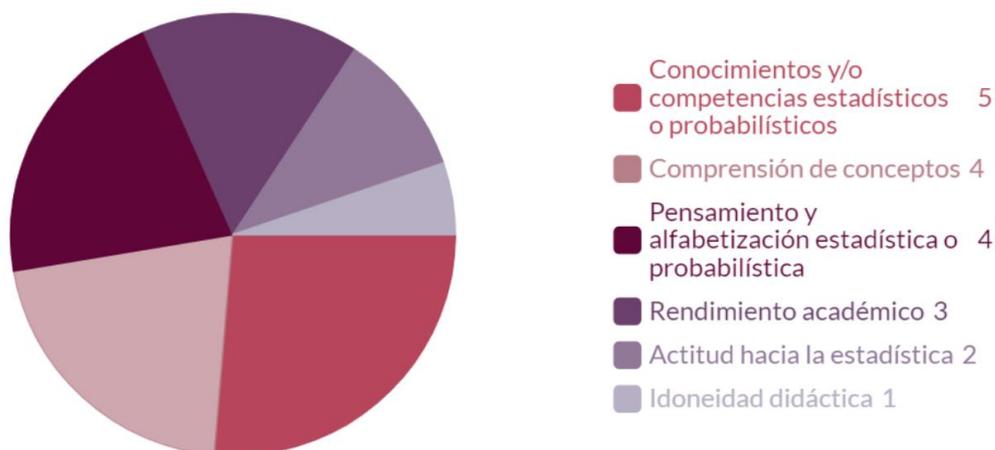
Tabla 3. Datos sobre la población, muestra y variables de interés de los artículos

No. de artículo	Población de interés	Tamaño de la muestra	Instrumento de medición	Variable(s) de interés
1	Docentes de primaria	5 docentes	Cuestionario	Pensamiento probabilístico
2	Docentes de secundaria	12	Examen diagnóstico y cuestionario de resultados	Conocimientos y competencias didáctico-matemáticas
3	Licenciatura	No se informó	Pruebas previas y post aplicación	Rendimiento académico
4	Licenciatura	161	Cuestionario	Comprensión de conceptos
5	Licenciatura	2857	Calificaciones	Rendimiento académico
6	Docentes universitarios	No se informó	No se informó	Alfabetización y pensamiento estadístico
7	Licenciatura	383	Escala de actitud hacia la estadística (EAE-25)	Actitud hacia la estadística
8	Preparatoria y licenciatura	58 preparatoria, 37 licenciatura	Cuestionario	Comprensión de conceptos estadísticos
9	Secundaria	No se informó	Secuencia didáctica	Comprensión de conceptos estadísticos
10	Licenciatura	19	Cuestionario	Pensamiento estadístico
11	Licenciatura	32	Cuestionario diagnóstico, aplicaciones y cuestionario de evaluación	Comprensión de los problemas
12	Docentes de secundaria	111	Instrumento de evaluación	Conocimientos estadísticos y probabilísticos
13	Licenciatura	50	Evaluación	Conocimientos estadísticos y probabilísticos
14	Licenciatura	124	Escala de actitud hacia la estadística (EAE-25)	Actitud hacia la estadística
15	Licenciatura	58	Conocimiento e instrucción matemática	Idoneidad didáctica
16	Licenciatura	187	Calificaciones	Rendimiento académico
17	Docentes universitarios	139	Cuestionario	Conocimientos estadísticos y probabilísticos
18	Docentes de secundaria	11	Reuniones virtuales	Conocimientos estadísticos y probabilísticos
19	Preparatoria	93.988	Prueba del Programa Internacional de Evaluación de los Alumnos (PISA)	Alfabetización y pensamiento estadístico y tecnológico

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Se elaboró una clasificación y análisis, como consecuencia de lo presentado en la tabla 3, de las variables de estudio reportada en cada artículo, obteniendo que la mayoría de los proyectos se enfocaron en la medición de la mejora del conocimiento y la adquisición de competencias, así como en la comprensión e interpretación de conceptos. Otra categoría de interés fue la medición del desarrollo de pensamiento y alfabetización estadística y tecnológica, además de que una menor cantidad de artículos evaluaron su implementación por medio del rendimiento académico obtenido en los cursos en que realizaron la intervención o por la medición de los cambios en la actitud hacia temas estadísticos. Por último, un artículo evaluó la idoneidad didáctica de su propuesta; por ende, en la figura 5 se muestran la compilación de las variables de interés que se observaron o midieron en las publicaciones significativas para cada estudio, de acuerdo con la frecuencia de cada una.

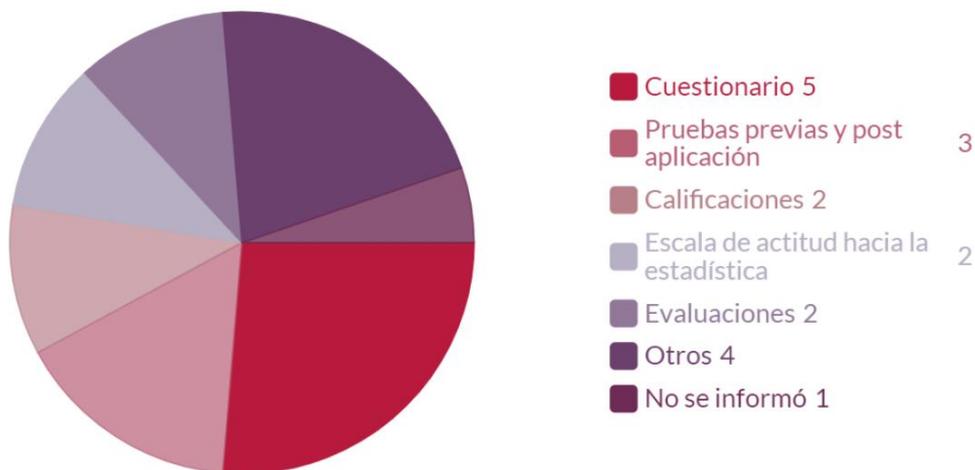
Figura 5. Número de artículos por variable de interés



Fuente: Elaboración propia, 2023.

A partir de la información de la tabla 3 se detalla el tipo de instrumento que se utilizó para medir el impacto de la intervención mencionada en cada investigación, destacando que el más común fueron los cuestionarios, reportado en 5 artículos; seguido por la aplicación de pruebas, previas y posteriores, a la implementación de la propuesta didáctica mencionada, que se encontró en 3 artículos; después el registro de calificaciones, la evaluación con la escala de actitud hacia la estadística (EAE-25) y evaluaciones particulares no detalladas, que se mencionaron en 2 artículos respectivamente. Se registró una categoría como “otros” para 4 artículos cuyo instrumento de medición sólo tuvo un estudio que los mencionó, incluyendo en esta categoría los que midieron su intervención por medio de una secuencia didáctica, el conocimiento e instrucción matemática, así como el seguimiento de los estudiantes a través de reuniones virtuales y con los resultados de la prueba del Programa Internacional de Evaluación de los Alumnos (PISA), por último, 1 artículo no informó cómo midió el impacto de su aplicación.

Figura 6. Número de artículos por instrumento de medición



Fuente: Elaboración propia, 2023.

A continuación, en la tabla 4 se describe el enfoque reportado durante la implementación por el cual se guiaron cada una de las investigaciones, destacando el enfoque por competencias, el pensamiento estadístico y el ontosemiótico del conocimiento y la instrucción matemática (EOS).

Tabla 4. Enfoque didáctico aplicado en cada investigación

No. de artículo	Enfoque de propuesta didáctica
1	Gamificación
2	Enfoque Ontosemiótico del Conocimiento y la Instrucción Matemática - EOS
3	Resolución de problemas reales
4	Competencias
5	Cuestionario del Plan de Bolonia de acuerdo al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES)
6	Alfabetización estadística y pensamiento estadístico
7	Escala de Actitud hacia la Estadística
8	No se informa
9	Análisis de contenido
10	Pensamiento estadístico e investigación empírica
11	Diferentes aplicaciones disciplinares y tecnológicas
12	Programa Internacional de Evaluación de los Alumnos (PISA)
13	Tareas de distribución bidimensional (representación gráfica y regresión lineal)
14	Cuestionario de escala de actitud hacia la estadística
15	Enfoque Ontosemiótico del Conocimiento y la Instrucción Matemática - EOS
16	Competencias
17	Encuesta transversal en línea
18	Herramientas informáticas dinámicas para la enseñanza de la estadística (STSI)
19	Análisis factorial con relación a las TIC

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Para finalizar el análisis de los artículos, se consideraron los riesgos de sesgo de cada proyecto a través de la selección (RS), de publicación (RP), y los riesgos de sesgo dentro de los estudios (RDE). Para la categoría del RS se consideró que en el estudio no existiera riesgo si la muestra se reportó como una selección aleatoria; respecto al nivel de poco riesgo, fue considerado si no realizó la muestra de forma probabilística o no se especifica cómo se incluyeron a los participantes, pero sí describe la muestra de forma general; por otra parte, el estudio obtuvo el diagnóstico de alto riesgo, si no se proporcionan detalles sobre la selección de su muestra. Para el caso del RP, se analizó lo descrito en la sección de los resultados y si hacía mención sobre aquellos detalles o situaciones que no favorecían el objetivo del estudio, se consideró sin riesgo; dependiendo del nivel en que se omitiera esta información en las publicaciones se aumentaba la clasificación de este riesgo.

Para el RDE, se planteó que no presentaba riesgo si se reportaba que no existía diferencia significativa entre los participantes y la forma de acceder a la implementación o propuesta didáctica aplicando TIC; en caso de que los autores reconocieran la diferencia y no fuera significativa, se categorizó como bajo riesgo; por último, el nivel de alto riesgo se determinó cuando en la descripción de metodología o resultados se daba a entender que se favorecieron a algunos participantes.

A continuación, en la tabla 5 se muestra el indicador para cada sesgo, el color verde indica que no se detectó algún motivo de riesgo, el color amarillo indica un bajo riesgo o no se puede determinar con los datos reportados en el estudio y, por último, el color rojo se utilizó para indicar que hay un alto riesgo de sesgo en la categoría respectiva, de acuerdo con Manterola et al. (2013).

Tabla 5. Resultados de riesgos de sesgos por artículo

No. de artículo	RS	RP	RDE
1	Red	Green	Green
2	Red	Green	Green
3	Red	Red	Yellow
4	Green	Green	Yellow
5	Green	Green	Green
6	Red	Red	Red
7	Yellow	Green	Green
8	Yellow	Green	Green
9	Red	Green	Green
10	Yellow	Green	Green
11	Yellow	Green	Green
12	Yellow	Green	Green
13	Yellow	Green	Green
14	Yellow	Green	Green
15	Green	Yellow	Green
16	Green	Green	Green
17	Green	Green	Green
18	Yellow	Green	Green
19	Green	Green	Green

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Como se observa, en la tabla 5, solamente 4 artículos estuvieron libres de sesgo, 9 de ellos cuentan con un indicador amarillo, ya sea porque la selección de la muestra se reportó como arbitraria o porque no se hizo mención sobre los resultados no favorables para el objetivo del estudio analizado. En contraste, los artículos 1 y 9 muestran un alto riesgo de sesgo, en la selección de la muestra, porque no se detalló la forma en que se llevó a cabo; mientras que, el artículo 3 y 6 son los de mayor riesgo, al no mencionar de manera clara los pasos a seguir en su proyecto de investigación y/o los resultados encontrados.

4. Discusión y conclusiones

De esta revisión sistemática se obtuvo que, de los 150 artículos encontrados, el 11.33% fueron descartados por la datación incorrecta en los metadatos de la descarga, por el contrario, 114 de los 133 no tenían que ver con temas didácticos aplicados a cursos o técnicas para mejorar el proceso de enseñanza - aprendizaje de la probabilidad y estadística o en tal caso, con la implementación de TIC en dicha materia, pero se incluyeron en la descarga porque presentaban palabras clave referente a los temas o estrategias didácticas para algún tópico y grado de estudio específico que se validaban por medio de análisis estadísticos o valores probabilísticos, incorporando así información de esta índole en los resúmenes y metadatos, lo que derivó que los buscadores las incluyeron en la descarga.

Si bien los artículos analizados para esta investigación coinciden con los criterios de búsqueda establecidos, la mayoría (79%) tienen al menos un registro de bajo o alto riesgo de sesgo de acuerdo a lo establecido por los criterios de RS, RP y RDE, por esta razón se pone en duda la confiabilidad de lo publicado y los resultados reportados (Ferreira et al., 2011).

Ciertamente, la población de interés fue de acuerdo a la pesquisa de esta investigación, presentándose principalmente estudios implementados en estudiantes de licenciatura y docentes de diferentes niveles educativos, dado que es necesario la aplicación y evaluación de los conocimientos en este nivel, evidenciándose la carencia de la cultura estadística y probabilística necesaria para llevar a cabo interpretaciones de los problemas de aplicaciones en distintos contextos, lo que reafirma que es necesaria la formación docente para la correcta impartición de la materia de Probabilidad y Estadística, así como la búsqueda de estrategias de enseñanza – aprendizaje para lograr el aprendizaje significativo de los estudiantes de cualquier nivel educativo.

Si bien es cierto que de las variables analizadas en los artículos de esta revisión, sobresale el hecho de que en 5 de los estudios se midió el conocimiento o la adquisición de competencias estadísticas o

probabilísticas durante una lección o un curso, lo que era de esperarse al ser variables relativamente intuitivas para las investigaciones que inciden en medir la enseñanza y aprendizaje de estos tópicos; en un segundo lugar de las variable de interés está la comprensión de conceptos, así como la habilidad de interpretación de los datos, en el mismo nivel de esta jerarquía se encuentra el análisis de pensamiento estadístico o probabilístico y alfabetización en el área, con la finalidad de comprender y explorar sobre los procesos de interiorización e institucionalización llevado a cabo en el aula. De igual manera, otros artículos reportaron sus mediciones por medio del rendimiento académico, para comparar diferentes resultados de acuerdo con la técnica o estrategia utilizada y así, cuantificar de manera objetiva las posibles mejoras de haber implementado dichas estrategias. Otros más realizaron el análisis de la actitud hacia la estadística y probabilidad, lo cual permite ver cómo va cambiando la percepción de los estudiantes o docentes en formación, a la vez que aceptan los temas presentados por medio de estrategias específicas que los motiven a adentrarse en el área. Por último, solamente un artículo se enfocó en la idoneidad didáctica, es de destacarse que el tomar en cuenta en el análisis las dimensiones epistémica, ecológica, cognitiva, emocional, interaccional y mediacional de las estrategias llevadas a cabo para optimizar proceso de aprendizaje de la estadística, dan sentido a las técnicas utilizadas.

A partir de lo reportado en las investigaciones estudiadas, es notorio que no existe una homogeneidad en los enfoques didácticos o pedagógicos para la implementación de las estrategias que involucran TIC dentro del aula, posiblemente debido al nivel educativo en que se realiza la intervención, por ejemplo, para niveles básicos se puede utilizar de manera más atractiva estrategias como la gamificación, mientras que el objetivo para proyectos enfocados en nivel superior o formación docente implica un proceso cognitivo de orden superior lo que obliga a apearse a enfoques como el de competencias o el EOS.

De este modo queda justificado que para las investigaciones sobre la enseñanza de la probabilidad y estadística es necesario hacer un diseño instruccional de las propuestas utilizando TIC orientado a satisfacer los objetivos particulares, sin olvidar la evaluación a la estrategia aplicada para que una vez validada, se realicen mediciones tanto en las competencias o conocimientos adquiridos como en la comprensión de los conceptos, ya que estas características son compatibles pero se obtienen en diferentes niveles de acuerdo a la apropiación del aprendizaje significativo. Para que así, a partir de las estrategias propuestas se puedan replicar los estudios en distintos grupos que presenten características o contextos diversos, y reafirmar o reportar las ventajas o desventajas de lo planteado, o en dado caso considerar esos resultados como punto de partida para plantear intervenciones innovadoras en el área.

Respecto a los instrumentos para medir el aprendizaje de conocimientos estadísticos y probabilísticos, fueron principalmente evaluaciones específicas o aplicaciones de cuestionarios, aunque es de destacar que algunos proyectos reportaron la aplicación de sus cuestionarios previos y posteriores a la intervención didáctica con apoyo en TIC.

En consenso, la mayoría de los artículos analizados fueron aplicados en México y España, lo que demuestra un interés por la enseñanza de la estadística y la probabilidad en países de habla hispana, y a pesar de que, se han hecho varios esfuerzos en los últimos veinte años en diversas investigaciones además de las aquí analizadas (Alexander et al., 2015; Alpizar et al., 2012; Batanero, 2009; Batanero y Arteaga, 2011; Cruz-García et al., 2019; Estrada et al., 2004; Godino et al., 2008; Ruíz et al., 2015; Sánchez, 2009), lo que muestra que se ha obtenido la ventaja significativa buscada en la comunidad académica sobre el aumento del interés que incide en dichos proyectos, pero la falta de conocimiento o difusión de estas investigaciones dificulta que se aprovechen en la práctica cotidiana dentro de las aulas al implementar las estrategias propuestas y desarrolladas en estos estudios.

Debido al tipo de intervenciones en el aula de los diferentes niveles educativos, se enfatiza a mantener tanto el rigor didáctico-pedagógico, como tecnológico de las actividades, siempre y cuando los docentes y estudiantes estén habituados a estos ambientes de enseñanza, porque de no ser así, la carencia de esta habilidad podría terminar siendo perjudicial en el objetivo del proceso de enseñanza-aprendizaje en la implementación de dichas propuestas. En general, las investigaciones analizadas plantean la necesidad de la formación docente, para qué quienes están frente al grupo sean capaces de proporcionar los recursos y guiar al estudiantado por medio de las estrategias adecuadas, que contemplen la diversidad en el proceso del aprendizaje y que a su vez permita mantener motivados a los estudiantes, relacionando los conceptos con situaciones reales a través de herramientas TIC, logrando así el aprendizaje significativo buscado y deseado.

En resumen, a partir de los resultados de este análisis, se muestra una posible tendencia por el desarrollo de una comprensión de conceptos de estadística y probabilidad, se podría inferir que como consecuencia de la globalización y generación de grandes bases de datos, al focalizar la enseñanza que involucra recursos tecnológicos y mantiene el rigor e importancia del conocimiento disciplinar, permitiendo el progreso de habilidades y competencias en el área, convirtiéndose en un bagaje crucial para los diferentes campos de aplicación, incluyendo la investigación, la docencia, la ciencia de datos, aplicaciones profesionales o situaciones cotidianas.

Es evidente que se presenta una tendencia a dejar a un lado las técnicas de la educación, llamada tradicional, para sustituirlas por la implementación de herramientas TIC para la enseñanza en la materia de probabilidad y estadística, que ha incrementado en los últimos años, potenciándose este fenómeno con la situación de la contingencia sanitaria debido al virus del COVID-19, además del continuo acceso a material innovador y actualizado, que ayuda a mantener tanto el interés y motivación del docente como de los estudiantes, para entonces lograr el nivel deseado para la comprensión y aplicación de la estadística y probabilidad con la que se requiere cuenta hoy en día cualquier individuo para su uso en el día a día.

Referencias

- Alexander, D., Piratova, Q., Educativa, I., Darío, D., México, E., Georgina, M., Zermeño, G., y Monterrey, T. De. (2015). *Mejora de la enseñanza de la Estadística mediante la implementación de una Comunidad Virtual de Aprendizaje*. 73–87.
- Alpízar Vargas, M., Barrantes Quirós, J. P., Bolaños González, H., Céspedes López, M., Delgado Carvajal, E., Freer Paniagua, D., Padilla Mora, E. R., y Viquez Ortiz, M. F. (2012). Aspectos relevantes sobre la formación docente en I y II ciclos en los temas probabilidad y estadística. *Revista Electrónica Educare*, 16(2), 113–129. <https://doi.org/10.15359/ree.16-2.7>
- Araújo, A. F. Q., y Carvalho, J. I. F. de. (2021). Conhecimentos Didático-Matemáticos para Abordagem da Curva Normal no Ensino Médio. *Jornal Internacional de Estudos em Educação Matemática*, 13(4), 450–460. <https://doi.org/10.17921/2176-5634.2020v13n4p450-460>
- Bakogianni, D., y Potari, D. (2019). Re-sourcing secondary mathematics teachers' teaching of statistics in the context of a community of practice. *The Journal of Mathematical Behavior* 56, 100699. <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2019.03.006>
- Batanero, C. (2004). Los retos de la cultura estadística. *Yupana* 4(1), 27–37.
- Batanero, C. (2009). Retos para la formación estadística de los profesores. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., *Actas do I*, 7–21.
- Batanero, C., y Arteaga, P. (2011). El Currículo De Estadística En La Enseñanza Obligatoria. *Em Teia/ Revista de Educação Matemática e Tecnológica Iberoamericana-ISSN: 2177-9309*, 2(2), 1–20. <https://doi.org/10.36397/emteia.v2i2.2151>
- Batanero, C., y Godino, J. D. (2005). Perspectivas de la educación estadística como área de investigación. *Líneas de investigación en Didáctica de las Matemáticas*, 203–226.
- Cantú Martínez, P. C., y Santoyo Stephano, M. A. (2019). Evaluación del rendimiento académico en bioestadística y la competencia disciplinar de pensamiento matemático en estudiantes universitarios TT - Evaluation of the academic performance in Biostatistics and the disciplinary competence of mathematical think. *Educación*, 28(54), 45–60. <https://doi.org/10.18800/educacion.201901.003>
- Cruz-García, C., Silva-Rodríguez, A., Guarneros-Reyes, E., Espinoza-Zepeda, A. J., Sánchez-Medina, R., y Enriquez-Negrete, D. J. (2019). Sistema de evaluación del aprendizaje de un curso en línea autogestivo de estadística para universitarios. *Revista Digital Internacional de Psicología y Ciencia Social*, 5(2), 238–258. <https://doi.org/10.22402/j.rdi.pycs.unam.5.2.2019.167.238-258>
- Cuevas, H., y Ramírez, G. (2018). Desempeño en estocástica entre profesores de educación secundaria: un estudio exploratorio en dos regiones de Costa Rica y México TT - Performance in Stochastic between Secondary School Teachers: An Exploratory Study in Two Regions of Costa Rica and Mexi. *Educación matemática*, 30(1), 93–132. <https://doi.org/10.24844/em3001.04>
- Esponda, D. C., Crespo, Y. A., Quintana, Y. G., y Vera, D. A. Z. (2017). La contribución de la Estadística en la formación del profesional agropecuario, agroindustrial y forestal. *Revista Electronica de Veterinaria*, 18(5), 1–9.
- Estrada, A., Batanero Bernabeu, C., y Fortuny Aymemí, J. M. (2004). Un estudio comparado de las actitudes hacia la estadística en profesores en formación y en ejercicio. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 22(2), 263. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3888>
- Fernandes, J. A., Gea, M. M., y Diniz, L. do N. (2019). Tarefas propostas por futuros professores dos primeiros anos para ensinar probabilidades. *Revista Brasileira de Educação*, 24. <https://doi.org/10.1590/s1413-24782019240039>
- Ferrando Palomares, I., Hurtado Soler, D., y Beltrán Meneu, M. J. (2018). Formación STEM en el grado de maestro: una experiencia docente. *@tic. revista d'innovació educativa* 20, 35. <https://doi.org/10.7203/attic.20.10946>
- Ferreira González, I., Urrútia, G., y Alonso-Coello, P. (2011). Systematic reviews and meta-analysis: Scientific rationale and interpretation. *Revista Espanola de Cardiología*, 64(8), 688–696. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2011.03.029>
- García-Carro, B., y Sánchez-Sellero, M. C. (2018). ¿Ha cambiado el Plan Bolonia los resultados académicos en las asignaturas de estadística? *Innovar*, 28(67), 137–146.

- <https://doi.org/10.15446/innovar.v28n67.68619>
- Godino, J. D. (2002). La formación matemática y didáctica de maestros como campo de acción e investigación para la didáctica de las matemáticas: el proyecto Edumat-Maestros. *V simposio sobre aportaciones del área didáctica de la Matemática a diferentes perfiles profesionales. Universidad de Alicante, España.*, 8(5), 55.
- Godino, J. D., Batanero, C., y Wilhelmi, M. R. (2008). Assessing and developing pedagogical content and statistical. *Joint ICMI/IASE study: teaching statistics in school mathematics. Challenges for teaching and teacher education. Proceedings of the ICMI study*, 18.
- Inzunza Cazares, S. (2017). Potencial de los proyectos para desarrollar motivación, competencias de razonamiento y pensamiento estadístico TT - Potential of the projects to developing motivation, competences of reasoning and statistical thinking. *Actualidades Investigativas en Educación*, 17(3), 458-488. <https://doi.org/10.15517/aie.v17i3.29874>
- Jiroutek, M. R., Kim, M., Hayat, M. J., Taylor, M. N., y Schwartz, T. A. (2019). A cross-sectional assessment of statistical knowledge among pharmacy faculty. *Currents in Pharmacy Teaching and Learning*, 11(8), 793-801. <https://doi.org/10.1016/j.cptl.2019.04.007>
- Linares-Espinós, E., Hernández, V., Domínguez-Escrig, J. L., Fernández-Pello, S., Hevia, V., Mayor, J., Padilla-Fernández, B., y Ribal, M. J. (2018). Metodología de una revisión sistemática. *Actas Urológicas Españolas*, 1-8.
- López, G. M., y Soto Urrea, W. H. (2019). Pedagogía del dato: perspectiva desde la enseñanza de la estadística en la sociedad del dato. *Análisis*, 51(94), 141-158. <https://doi.org/10.15332/s0120-8454.2019.0094.07>
- Ma, Y., y Qin, X. (2021). Measurement invariance of information, communication and technology (ICT) engagement and its relationship with student academic literacy: Evidence from PISA 2018. *Studies in Educational Evaluation* 68, 100982. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2021.100982>
- Malaspina, M., y Malaspina, U. (2020). Game Invention as Means to Stimulate Probabilistic Thinking. *Statistics Education Research Journal* 19 (1), 57-72.
- Manterola, C., Astudillo, P., Arias, E., y Claros, N. (2013). Revisiones sistemáticas de la literatura. Qué se debe saber acerca de ellas. *Cirugía Española*, 91(3), 149-155. <https://doi.org/10.1016/j.ciresp.2011.07.009>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., y Altman, D. G. (2010). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *International Journal of Surgery*, 8(5), 336-341. <https://doi.org/10.1016/j.ijisu.2010.02.007>
- Moral de la Rubia, J., González Ramírez, M. T., Landero Hernández, R., y Quezada Berumen, L. D. C. (2020). Validación del modelo de cinco factores de la Escala de Actitud hacia la Estadística en estudiantes mexicanos de psicología. *Interdisciplinaria Revista de Psicología y Ciencias Afines*, 38(1), 133-148. <https://doi.org/10.16888/interd.2021.38.1.9>
- Page, M. J., y Moher, D. (2017). Evaluations of the uptake and impact of the Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses (PRISMA) Statement and extensions: a scoping review. *Systematic reviews*, 6(1), 1-14.
- Rivas Catricheo, H., Godino, J. D., y Arteaga Cezón, P. (2019). Los proyectos como contextualizadores de nociones básicas de estadística y probabilidad en la formación inicial de profesores de educación primaria. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 45(1), 41-59. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07052019000100041>
- Roldán-López, A. F., Batanero, C., y Alvarez-Arroyo, R. (2020). Conflictos semióticos relacionados con el intervalo de confianza en estudiantes de Bachillerato e Ingeniería. *Educação Matemática Debate*, 4, e202010. <https://doi.org/10.24116/emd.e202010>
- Ruiz Hernández, B., Inzunza Cázares, S., Huerta, A. A., Domínguez Domínguez, J., Hernández González, S., y Zacarías Flores, J. D. (2015). Uso de la tecnología en la enseñanza de la probabilidad y estadística. *Memoria de la XVII Escuela de Invierno en Matemática Educativa. La Profesionalización Docente desde los Posgrados de Calidad en Matemática Educativa*, 399-410.
- Ruiz Ledesma, E. F. (2018). Empleo de aplicaciones tecnológicas en el tratamiento de temas de Probabilidad y Estadística. Dificultades presentadas por los estudiantes en la formulación de planteamientos correctos TT - Use of technological applications in the treatment of Probabilit. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 8(16), 216-245. <https://doi.org/10.23913/ride.v8i16.339>

- Sánchez, E. (2009). La probabilidad en el programa de estudio de matemáticas de la secundaria en México. *Educación matemática*, 21(2), 39-77.
- Soto-Hernández, D., Valencia, O., y Moyado, S. (2020). Brecha digital y actividad económica : el caso de las mujeres indígenas en la Sierra Sur de Oaxaca , México. *Revista CTS*, 15(45), 209-238.
- Vásquez Ortiz, C., Alvarado Martínez, H., y Ruz, F. (2019). Actitudes de futuras maestras de educación infantil hacia la estadística, la probabilidad y su enseñanza TT - Attitudes of future teachers of childhood education towards statistics, probability and its teaching. *Educación matemática*, 31(3), 177-202. <https://doi.org/10.24844/em3103.07>