



## El conocimiento del profesorado de Educación Primaria para enseñar estadística y probabilidad: una revisión sistemática

### Joan Franco

Doctorando Programa de Doctorado en Educación.  
Universitat de Girona  
mail: [joanfrancoseguí@gmail.com](mailto:joanfrancoseguí@gmail.com)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4467-1469>

### Ángel Alsina

Profesor Catedrático de Didáctica de las Matemáticas.  
Universitat de Girona  
mail: [angel.alsina@udg.edu](mailto:angel.alsina@udg.edu)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8506-1838>

### RESUMEN

Se presenta una revisión sistemática de estudios de los últimos 25 años (1997-2021) que analizan, desde distintos modelos, el conocimiento del profesorado de Educación Primaria para enseñar estadística y probabilidad. A partir de una revisión en JCR/SSCI, Scopus, Eric, Google Académico, Science Direct, World Scientific, Springer y Wiley Online library, se han identificado 34 estudios que se han analizado con base en dos objetivos: 1) identificar los participantes, el conocimiento matemático y el modelo de conocimiento utilizado; 2) identificar, en los estudios con profesorado en activo, los instrumentos de obtención de datos y los resultados obtenidos. Los datos del primer objetivo muestran: un predominio de las investigaciones con futuros docentes; un mayor número de estudios sobre el conocimiento para enseñar probabilidad; y los modelos más usados son el *Mathematical Knowledge for Teaching* (MKT) y el Modelo de Conocimientos y Competencias Didáctico-Matemáticas (CCDM). En relación con el segundo objetivo, el instrumento más utilizado es el cuestionario y los estudios reportan bajos conocimientos.

Palabras Clave: estadística, probabilidad, conocimiento del profesorado, revisión sistemática, Educación Primaria.

### The knowledge of primary school teachers to teach statistics and probability: a systematic review

#### ABSTRACT

We present a systematic review of studies from the last 25 years (1997-2021) that analyse, by means of different models, the knowledge of primary school teachers to teach statistics and probability. Based on a review of the JCR/SSCI, Scopus, Eric, Google Academic, Science Direct, World Scientific, Springer and Wiley Online Library databases, 34 studies were identified and analysed according to two objectives: 1) to identify the participants, the mathematical knowledge, and the knowledge model used; 2) to identify, in the studies with in-service teachers, the data collection instruments and the results obtained. The results of the first objective show: 1) a predominance of studies with future teachers; 2) a greater number of studies on knowledge to teach probability; and 3) the most used models are the Mathematical Knowledge for Teaching (MKT) and the Didactic-Mathematical Knowledge and Competences Model (CCDM). Regarding the second objective, the most used instrument is the questionnaire and the studies report low knowledge.

Keywords: statistics, probability, teacher knowledge, systematic review, Primary Education.



## 1. Introducción

La estadística y la probabilidad han ido adquiriendo un papel fundamental en una sociedad cada vez más informatizada. Por consiguiente, la alfabetización en estadística y probabilidad es una necesidad y se debe desarrollar a partir de las primeras edades, como vienen planteando diferentes organismos y autores (Alsina, 2012; Alsina *et al.*, 2020; Batanero, 2009; Bryant y Nunes, 2012; Frye *et al.*, 2013; Jones, 2005; NCTM, 2003; Nunes *et al.*, 2015; entre otros). Ante este reto, surgen diversos interrogantes: ¿está preparado el profesorado de Educación Primaria para enseñar estos conocimientos?, ¿qué conocimientos tienen para enseñar estadística y probabilidad?

Para tratar de encontrar respuestas a estas preguntas, este artículo se focaliza en los estudios que han analizado el conocimiento del profesorado de Educación Primaria para enseñar estadística y probabilidad. Con el propósito de ofrecer un panorama global de estos estudios, se realiza una revisión sistemática de la literatura a partir de las siguientes preguntas de investigación: ¿qué estudios se han publicado sobre el conocimiento del profesorado de matemáticas para enseñar estadística y probabilidad en Educación Primaria?; ¿qué modelos se han utilizado para analizar los conocimientos del profesorado?; ¿cuáles de estos estudios son con profesorado en activo?; ¿qué instrumentos se han utilizado en estos estudios?; ¿qué resultados aportan? Con base en estas preguntas, se realiza una revisión de la literatura de los últimos 25 años (período 1997-2021), a partir de artículos que se han localizado en Journal Citation Reports (JCR/SSCI), Scopus, Eric, Google Académico, Science Direct, World Scientific, Springer y Wiley Online Library. La revisión tiene dos objetivos: 1) analizar los estudios sobre el conocimiento del profesorado de Educación Primaria para enseñar estadística y probabilidad con base en el tipo de participantes, el conocimiento matemático (estadística y/o probabilidad) y el modelo de conocimiento utilizado (dominios y/o facetas del conocimiento del profesor de matemáticas); 2) profundizar en el análisis de los estudios sobre el conocimiento del profesorado de Educación Primaria en activo, desde la perspectiva de los instrumentos utilizados para la obtención de datos y los resultados que reportan los estudios.

## 2. Modelos de conocimiento del profesorado de matemáticas

Desde finales de los años 80, los investigadores en educación se han interesado por estudiar el conocimiento del profesorado para enseñar las asignaturas del currículum escolar, a partir de la propuesta de Shulman (1986) y su definición de siete categorías de conocimiento: conocimiento del contenido, conocimiento pedagógico general, conocimiento curricular, conocimiento pedagógico del contenido, conocimiento de los estudiantes y sus características, conocimiento de los contextos educativos y conocimiento de los fines, propósitos y valores de la educación.

A partir de este planteamiento, han surgido diversos modelos de conocimiento del profesorado de matemáticas. En este artículo nos centramos en el *Mathematical Knowledge for Teaching* (MKT) de Ball *et al.* (2008), el modelo de Conocimientos y Competencias Didáctico-Matemáticas (CCDM) de Godino *et al.* (2017) y el modelo *Mathematics Teacher's Specialised Knowledge* (MTSK) de Carrillo *et al.* (2018).

Con relación al MKT, Ball *et al.* (2008) se interesaron en averiguar y determinar qué conocimientos, habilidades y sensibilidades matemáticas son necesarias para enseñar matemáticas. En consecuencia, en su propuesta plantearon tres subdominios para el conocimiento del contenido: *Common Content Knowledge* (CCK), que se refiere a los conocimientos y habilidades de

las matemáticas en una variedad de entornos; *Horizon Content Knowledge*, que se refiere a los conocimientos para establecer relaciones entre contenidos matemáticos de diferentes niveles educativos así como su origen histórico; y *Specialized Content Knowledge* (SCK), que se refiere a los conocimientos y habilidades para el desarrollo del trabajo en las matemáticas; junto con tres subdominios para el conocimiento pedagógico del contenido: *Knowledge of Content and Students* (KCS), sobre cómo aprende el estudiante; *Knowledge of Content and Teaching* (KCT), sobre las relaciones entre el contenido y la forma de enseñar; y *Knowledge of Content and Curriculum*, sobre el conocimiento de la estructura y contenido del currículo.

El modelo CCDM es una ampliación del modelo de Conocimiento Didáctico-Matemático (CDM) desarrollado por Godino y sus colaboradores (Godino, 2009; Pino-Fan y Godino, 2015) al considerar la competencia general y subcompetencias que el profesor de matemáticas debe disponer para abordar los problemas didácticos presentes en la enseñanza (Godino *et al.*, 2017). En este sentido, es necesaria una competencia general de análisis e intervención didáctica y conocimientos didácticos. Es decir, el profesorado de matemáticas debe conocer las diferentes prácticas matemáticas y didácticas para resolver un problema o realizar una tarea matemática. La competencia general se compone de cinco sub-competencias: 1) análisis de significados globales, para responder a situaciones que aportan distintos significados del contenido matemático a enseñar; 2) análisis ontosemiótico de prácticas matemáticas, para identificar los distintos objetos y procesos que intervienen en las prácticas matemáticas permitiendo al profesor comprender la progresión de los aprendizajes del alumnado; 3) análisis de las interacciones en el proceso de instrucción, para conocer y gestionar de las distintas configuraciones y trayectorias didácticas y sus efectos en el aprendizaje del alumnado; 4) análisis normativo, para conocer, comprender y valorar la dimensión normativa que regula el proceso de instrucción; y 5) análisis y valoración de la idoneidad didáctica, para valorar el proceso de instrucción con el fin de identificar mejoras.

El CDM parte del conocimiento del contenido matemático *per se*, que incluye el conocimiento común (nivel compartido con los estudiantes) y el conocimiento ampliado (niveles superiores). Se organiza en seis facetas: 1) faceta epistémica, sobre el conocimiento especializado del contenido matemático; 2) faceta cognitiva, sobre cómo aprenden, razonan y entienden los estudiantes; 3) faceta afectiva, sobre las creencias y actitudes de los estudiantes con las matemáticas; 4) faceta interaccional, sobre la pedagogía de las matemáticas; 5) faceta mediacional, sobre el conocimiento de recursos para la enseñanza; y 6) faceta ecológica, sobre la conexión de las matemáticas con otros contenidos y el entorno educativo (Godino *et al.*, 2017).

Finalmente, Carrillo *et al.* (2018) desarrollan el modelo MTSK para la comprensión del conocimiento profesional del profesorado de matemáticas y aportan, a su vez, una herramienta metodológica que permite analizar diferentes prácticas del docente (Carrillo *et al.*, 2017). Bajo la perspectiva de que el conocimiento del profesorado de matemáticas es especializado, proponen dos dominios de conocimiento para su análisis: *Mathematical Knowledge* (MK) y *Pedagogical Content Knowledge* (PCK), que están impregnados por un tercer dominio de creencias tanto en matemáticas como en su enseñanza y aprendizaje.

El MK comprende el contenido matemático en el subdominio *Knowledge of Topics* (KoT); las conexiones entre contenidos en el subdominio *Knowledge of the Mathematical Structure* (KSM) y las formas de hacer o crear matemáticas en el subdominio *Knowledge of Practices in Mathematics* (KPM). Por su parte, el PCK comprende el conocimiento del contenido matemático como objeto

de enseñanza (*Knowledge of Mathematics Teaching*, KMT) y como objeto de aprendizaje (*Knowledge of Features of Learning Mathematics*, KFLM). Además, este conocimiento se ve desde el punto de vista de los estándares de aprendizaje que se esperan alcanzar en un determinado curso o nivel educativo (*Knowledge of Mathematics Learning Standards*, KMLS).

### 3. Método

Una revisión sistemática tiene como propósito identificar, evaluar e interpretar de forma objetiva toda la investigación disponible sobre un determinado problema de investigación, con el objetivo de determinar el estado de ese campo de estudio (Meca, 2010). Para realizar una revisión exhaustiva de la literatura, la estrategia de búsqueda es clave para la identificación de los artículos y para el resultado real de la revisión (Zhong y Xia, 2020). Para los propósitos de este estudio, realizamos una búsqueda de palabras clave en JCR/SSCI, Scopus, Eric, Google Académico, Science Direct, World Scientific, Springer y Wiley Online Library, como se ha indicado. Los criterios de inclusión para determinar qué estudios podrían incluirse en la revisión fueron los siguientes:

- Criterio de inclusión 1: Estudios publicados que garanticen un proceso de revisión por pares.
- Criterio de inclusión 2: Estudios que tratan la enseñanza de la estadística y la probabilidad.
- Criterio de inclusión 3: Estudios que centran su investigación en el conocimiento del profesorado para la enseñanza.

- Criterio de inclusión 4: Estudios en la etapa de Educación Primaria.

Excluimos los estudios que solo involucraban el conocimiento del profesorado en la etapa de Infantil, de Secundaria o posteriores. Debido a la cantidad limitada de estudios encontrados a través de la búsqueda de palabras clave, se llevó a cabo un proceso iterativo recomendado por Kitchenham *et al.* (2009):

- Paso 1: Identificar un conjunto de estudios centrados en el conocimiento del profesorado de Educación Primaria en la enseñanza de estadística y probabilidad.
- Paso 2: Analizar la bibliografía de los estudios identificados en el paso 1 para determinar qué artículos son de interés para su revisión.
- Paso 3. Examinar las citas de los estudios identificados en el paso 1 para determinar qué artículos están calificados para su posible revisión.

En relación con la búsqueda de palabras clave en la base de datos, se empezó la indagación con los términos de búsqueda “*Statistics*” y “*Pedagogical Knowledge*” y “*Primary Teacher*”. Para seleccionar estudios de interés, se analizaron los títulos y resúmenes. Posteriormente, se introdujeron otros términos que se detallan en la Tabla 1.

Se excluyeron de la búsqueda y el análisis posterior: editoriales, reseñas de libros, cartas a la edición y comunicaciones breves que incluyan anuncios, erratas, obituarios y convocatorias de artículos.

Tabla 1.  
Términos de búsqueda.

<b>Bloque 1</b> Contenido Matemático	<i>Probability</i> <i>Probability literacy</i> <i>Statistical literacy</i>
<b>Bloque 2</b> Conocimiento pedagógico para enseñar matemáticas	<i>Knowledge</i> <i>Teaching</i> <i>Teacher professional development</i> <i>Teaching practices</i> <i>Pedagogical Knowledge</i> <i>Professional identity</i> <i>Specialized Knowledge</i>
<b>Bloque 3</b> Participantes	<i>Elementary teacher</i> <i>Primary teacher</i>

### 4. Resultados

De acuerdo con los objetivos del estudio, primero se presenta un análisis de los resultados globales acerca de las variables estudiadas y, seguidamente, se profundiza en los artículos sobre el profesorado en activo.

#### 4.1. Resultados globales

Se han localizado, en total, 34 estudios publicados durante el periodo 1997-2021 que abordan el análisis de los conocimientos

del profesorado para enseñar estadística y probabilidad. En las Tablas 2 y 3 se presentan ordenados cronológicamente los estudios con futuros docentes y profesorado en activo de Educación Primaria, respectivamente, a partir de las siguientes categorías: autoría, modelo de conocimiento, instrumento para la obtención de datos y componente analizado.

Para responder al primer objetivo del estudio, a continuación, se realiza un análisis cuantitativo de los artículos de las Tablas 2 y 3 a partir de frecuencias y porcentajes, considerando las siguientes categorías: tipo de participantes (futuros docentes o profesorado en activo), el conocimiento matemático analizado

Tabla 2.  
Artículos con futuros docentes.

Autoría	Modelo de conocimiento	Instrumento	Componente analizado
Batanero <i>et al.</i> (1997)		Cuestionario cerrado	Media aritmética
Azcárate <i>et al.</i> (1998)		Entrevista y cuestionario	Concepciones sobre aleatoriedad
Estrada <i>et al.</i> (2004)		Cuestionario cerrado	Media aritmética, mediana, moda, valor atípico, dispersión y muestreo
Ortiz <i>et al.</i> (2007)		Cuestionario	Razonamiento probabilístico, sucesos equiprobables
Alacaci <i>et al.</i> (2011)		Cuestionario	Gráficos estadísticos
Contreras <i>et al.</i> (2011)	MKT	Cuestionario	CCK, SCK
Arteaga <i>et al.</i> (2012)	MKT	Informes	SCK
Batanero <i>et al.</i> (2012)		Cuestionario	Conocimiento y percepción sobre aleatoriedad
Mohamed y Ortiz (2012)	CDM	Cuestionario	Conocimiento común del contenido (CCC), conocimiento especializado (CE) y conocimiento del contenido en relación con estudiantes (CCRE)
Rivas <i>et al.</i> (2013)	CDM		CCC y conocimiento ampliado del contenido (CAC)
Arteaga <i>et al.</i> (2014)	CCDM		Componentes de la idoneidad didáctica
Gómez <i>et al.</i> (2014)	MKT	Cuestionario abierto	CCK, SCK, KCS
Batanero <i>et al.</i> (2015)	MKT	Cuestionario abierto	CCK, SCK y KCT
Gutiérrez y Flores (2015)	MTSK	Cuestionario	CCK, SCK, PCK
Fernandes <i>et al.</i> (2016)	MKT	Cuestionario abierto	CCK, SCK
Gómez <i>et al.</i> (2016)	MKT	Cuestionario	CCK, SCK
Gea y Fernandes (2018)	CDM	Cuestionario abierto	Faceta epistémica y cognitiva
Rivas <i>et al.</i> (2018)	CDM-MKT	Cuestionario abierto	CCK, SCK
Estrada y Batanero (2019)	CDM	Cuestionario	Faceta afectiva
Gorham y Chamberlin (2019)	MKT	Cuestionario	CCK, PCK
de Vetten <i>et al.</i> (2019)		Cuestionario	CCK, PCK
Kurt y Coşkuntuncel (2020)	MKT	Cuestionario	CCK, PCK, ACK

Tabla 3.  
Artículos con profesorado en activo.

Autoría	Modelo de conocimiento	Instrumento	Componente analizado
Watson (2001)		Cuestionario	Competencia profesional docente
Cardeñoso y Azcárate (2004)		Cuestionario	Concepciones sobre aleatoriedad y probabilidad
Siswono <i>et al.</i> (2018)	MKT	Cuestionario	PCK, CCK y SMK
Watson <i>et al.</i> (2008)	MKT	Encuesta y preguntas abiertas	PCK
Koleza y Kontogianni (2016)		Cuestionario y entrevistas	Conocimiento del contenido: cálculo de medidas de centro y extensión; lectura, interpretación e inferencia de datos de pantallas gráficas
Estrella <i>et al.</i> (2015)	MKT	Cuestionario	PCK y CK
Vásquez y Alsina (2015a)	CDM	Cuestionario	CCC, CAC, CE

Vásquez y Alsina (2015b)	CDM	Cuestionario	Facetas del conocimiento CDM: CCC, CAC y CE.
Vásquez y Alsina (2017)	CDM	Cuestionario	Facetas del conocimiento CDM: CCC, CAC y CE.
Pinheiro <i>et al.</i> (2019)	MKT	Cuestionario inicial, entrevista y videograbación de clases	KCT y CCK
Vásquez y Alsina (2019a)	CDM	Cuestionario	Faceta Epistémica CDM: Conocimiento especializado
Vásquez y Alsina (2019b)		Videograbación de las clases	Práctica docente con relación a la enseñanza de la probabilidad: Enfoques

(estadística o probabilidad) y el modelo de conocimiento (MKT, CCDM, MTSK o sin modelo).

### Tipo de participantes

De los 34 artículos identificados, 22 artículos realizan el análisis con futuros docentes (64.7 %) y 12 artículos con profesorado en activo (35.3 %), lo cual indica un predominio de estudios que se focalizan en el conocimiento del futuro profesorado.

### Conocimiento matemático

En la Figura 1 se muestra que, con relación al conocimiento para enseñar estadística en Educación Primaria, se han identificado 13 investigaciones en total (38.2 %), de las que únicamente cinco analizan el conocimiento del profesorado en activo. Respecto al conocimiento para enseñar probabilidad, se han localizado 21 estudios en total (61.7 %), de los cuales siete se focalizan en el profesorado en activo.

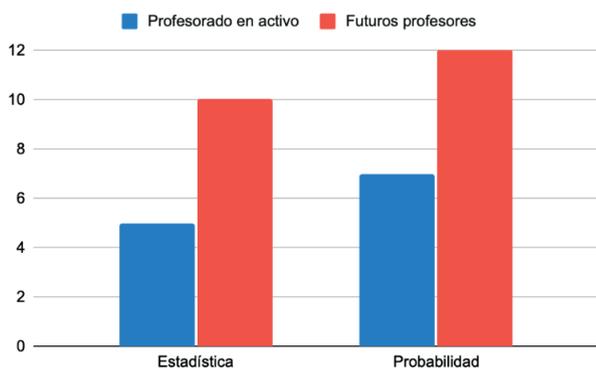


Figura 1. Conocimiento matemático.

### Modelo de conocimiento del profesorado para enseñar matemáticas

Con relación al modelo de conocimiento, en los artículos analizados predominan los modelos MKT (35%) y CCDM (27.1%), con 12 y 9 artículos respectivamente, sobre el modelo MTSK (2.9%), con un artículo. Otro dato relevante es que en 12 de los artículos identificados no se utiliza ningún modelo de conocimiento. En relación a los participantes, los estudios con profesorado en activo son inferiores en todos los modelos.

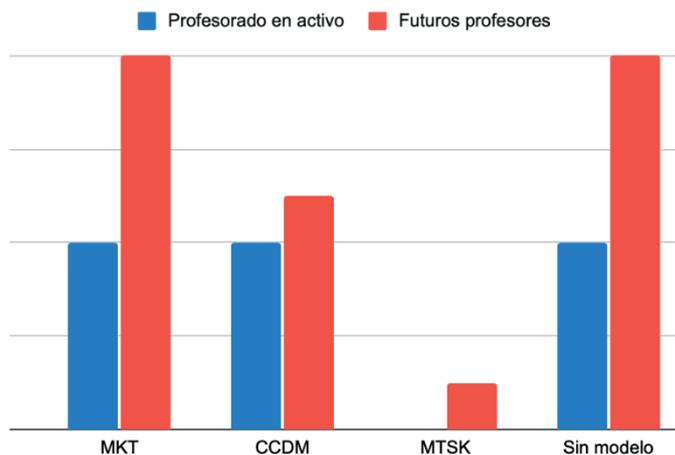


Figura 2. Modelo de conocimiento.

Para proporcionar datos más detallados, en los gráficos de la Figura 3 se muestra la distribución de los artículos de cada modelo con relación al profesorado en activo o futuro profesorado, según si son de estadística o de probabilidad.

### Artículos con futuro profesorado y profesorado en activo

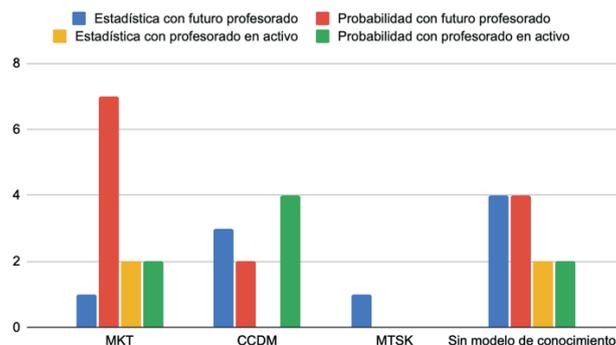


Figura 3. Artículos con profesorado en activo y futuro profesorado respectivamente, según conocimiento matemático y modelo de conocimiento.

En el gráfico de la Figura 3 se observa que, respecto a los estudios con futuros docentes, con el modelo MKT se ha identificado un artículo sobre enseñanza de la estadística y siete sobre la probabilidad; con el modelo CCDM, existe casi paridad de modo que, de las cinco investigaciones, tres son en estadística y dos en probabilidad; con el modelo MTSK, se ha localizado una investigación en estadística y ninguna en probabilidad; y, finalmente, en las investigaciones sin modelo, se han identificado cuatro de estadística y cuatro de probabilidad. En relación al profesorado en activo se observa que, con el modelo MKT, se han realizado dos investigaciones tanto en estadística como en probabilidad; con el modelo CCDM, cuatro estudios se han focalizado en la probabilidad; con el modelo MTSK, no se ha identificado ningún artículo; y, finalmente, en las investigaciones sin modelo se han identificado dos investigaciones en estadística y dos en probabilidad.

#### 4.2. Estudios sobre el conocimiento para enseñar estadística y probabilidad del profesorado en activo

De acuerdo con el segundo objetivo de nuestro estudio, profundizamos en el análisis de los 12 estudios con profesorado en activo, a partir de las siguientes categorías: conocimiento matemático (estadística o probabilidad), instrumentos utilizados (cuestionarios, grabación de clases, entrevistas, etc.), y, finalmente, los resultados obtenidos (nivel de conocimientos deficitario, suficiente y elevado).

#### Instrumentos utilizados

En la Figura 4 se muestran los datos acerca del tipo de instrumentos utilizados para obtener datos acerca del conocimiento del profesorado en activo para enseñar estadística y probabilidad. El cuestionario es el instrumento más usado, en nueve ocasiones, mientras que las entrevistas y la videograbación se han usado tres veces cada una.

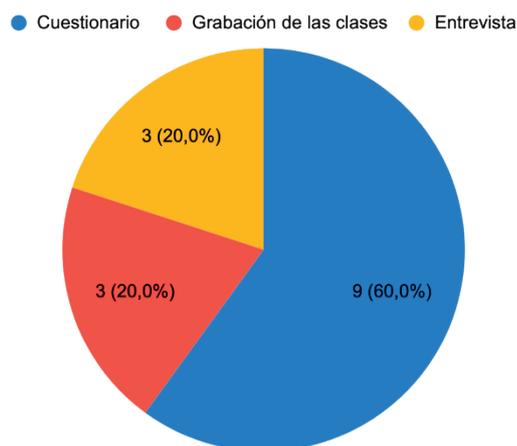


Figura 4. Instrumentos utilizados.

Por lo que se refiere a los estudios que han utilizado cuestionarios, se distinguen dos formas de proceder. Por un lado, algunos estudios han utilizado cuestionarios o ítems de cuestionarios previos para analizar el conocimiento del profesorado. Por ejemplo, Batanero *et al.* (2012) tomaron del cuestionario de Green (1983) una tarea que muestra una secuencia de 150 lanzamientos de una moneda por parte de dos niñas, y el profesorado tiene que descubrir cuál de las dos niñas ha hecho trampas y porqué.

Por otra parte, en algunas investigaciones se ha construido el cuestionario y, posteriormente, se ha validado mediante el juicio de expertos. A modo de ejemplo, Estrella *et al.* (2015) crearon y validaron un cuestionario para analizar el conocimiento del profesorado con relación al saber estadístico y probabilístico de los estudiantes y la enseñanza del contenido bajo tres elementos: comprensión gráfica, diferenciación de niveles cognitivos y comprensión generada al cambiar de sistemas de representación. La construcción del cuestionario integró los elementos con las dificultades comunes en el aprendizaje de la estadística y la probabilidad, aglutinando un total de catorce ítems y validado por ocho expertos. Los ítems se focalizan en el conocimiento pedagógico del contenido, concretamente, algunos relacionados con el conocimiento de los profesores acerca de la enseñanza del contenido y otros referidos al conocimiento de los profesores acerca de la relación de los alumnos con el contenido en estadística, inferencia y probabilidad.

En relación con las entrevistas, en los estudios analizados, se han distinguido dos tipos de entrevistas: estructuradas y semiestructuradas. Las entrevistas estructuradas siguen un guion establecido, en cambio, en las semiestructuradas se establecen unas preguntas fijas para todos los entrevistados, pero también algunas preguntas específicas que se realizan a uno o varios entrevistados. Por ejemplo, Koleza y Kontogianni (2016) realizaron entrevistas semiestructuradas presenciales de 20 minutos de duración con el propósito de aclarar y contrastar las respuestas del profesorado al instrumento escrito. En cambio, en Azcárate *et al.* (1998) se realizó una entrevista estructurada a cuatro profesores de primaria.

Finalmente, por lo que se refiere a la grabación de sesiones de clase, a modo de ejemplo, Vásquez y Alsina (2019b), en su investigación grabaron 12 docentes chilenos a lo largo de un año escolar. Para llevar a cabo la grabación, el maestro llevaba una grabadora de audio alrededor de su cuello y se usó una cámara de video, ubicada en una esquina de la clase, para grabar al maestro, el alumnado y la pizarra.

#### 5. Conocimientos para enseñar estadística y probabilidad

Para realizar este análisis, se han considerado tres niveles: a) conocimiento deficitario, cuando los autores del estudio concluyen que el profesorado en activo muestra una capacidad escasa o nula para comprender los contenidos matemáticos implícitos; b) conocimiento suficiente, cuando se evidencia un nivel de conocimientos muy general, sin generar conexiones entre el contenido matemático y sin acceder a contenidos más complejos; c) conocimiento elevado, cuando los estudios revelan que el profesorado es capaz de relacionar el contenido nuevo con las ideas previas y reflexiona y analiza sobre temas relacionados en cuanto al contenido y la enseñanza. Con base en estas categorías, en la Figura 5 se muestra que la mayoría de artículos manifiestan un escaso conocimiento del profesorado de Educación Primaria en relación a la enseñanza de la probabilidad y de la estadística, respectivamente (cabe señalar que los datos totales son superiores al número de artículos, puesto que algunos estudios analizan más de un tipo de conocimiento).

Los datos del gráfico de la Figura 5 muestran que los conocimientos del profesorado para enseñar probabilidad tienden a ser deficitarios. Desde el modelo MKT, Pinheiro *et al.* (2019) analizan el desarrollo profesional de una maestra al enseñar probabilidad, detectando una mejora a partir de un proceso formativo. Los autores describen el proceso de análisis y de reflexión que realiza la maestra sobre el contenido y su enseñanza, relacionando el nuevo contenido con el contenido previo. Considerando es-

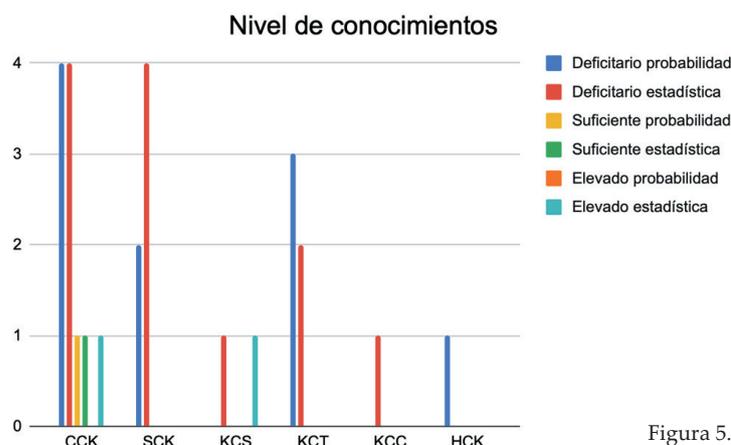


Figura 5. Nivel de conocimientos en probabilidad y estadística.

tos datos, los autores subrayan la necesidad de seguir realizando formación para potenciar el desarrollo profesional.

En relación a las investigaciones con el modelo CCDM, Vázquez y Alsina (2015b), aplican un cuestionario a 93 docentes en activo, encontrando evidencias de un conocimiento didáctico-matemático muy deficiente. Posteriormente, Vázquez y Alsina (2017) indagan sobre el conocimiento común de estos 93 participantes para enseñar probabilidad, concluyendo que no tienen un dominio adecuado de los conceptos básicos sobre probabilidad que les permitan identificar distintos contenidos en situaciones de aula hipotéticas planteadas en el estudio. Adicionalmente, estos mismos autores analizan el conocimiento especializado del profesorado de primaria para enseñar probabilidad (Vázquez y Alsina, 2019a), poniendo de manifiesto que dicho conocimiento es insuficiente en todas las facetas.

Por lo que se refiere a las investigaciones sin un modelo concreto, Cardeñoso y Azcárate (2004) también han analizado las concepciones de 598 profesores en activo respecto a las nociones de aleatoriedad y probabilidad, evidenciando conocimientos deficitarios para la enseñanza de estos contenidos. Por este motivo, subrayan la necesidad de una mejor formación del profesorado de primaria. Vázquez y Alsina (2019a) en su investigación argumentan que los profesores carecen de la capacidad para identificar y describir configuraciones cognitivas y posibles conflictos de aprendizaje que pueden presentar los alumnos en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la probabilidad. Finalmente, Vázquez y Alsina (2019b) exploraron cómo se enseña la probabilidad a partir de veintitrés sesiones videogradas de 12 docentes chilenos en activo. Los resultados obtenidos revelan que los elementos que caracterizan los enfoques intuitivo y frecuencial se incorporan durante toda la etapa. Seguidamente, el enfoque subjetivo se empieza a introducir a partir de cuarto grado, mientras que el enfoque clásico se imparte a partir de quinto grado. Con todo, los autores recomiendan que la práctica en el aula permita construir de forma gradual el conocimiento matemático relacionado con la probabilidad a partir de sus intuiciones probabilísticas con la finalidad de obtener una visión más global, que permita una multiplicidad de interpretaciones. Watson (2001), en una investigación con 15 profesores de primaria y 28 de secundaria, desarrolla un instrumento partiendo de las aportaciones de Shulman (1986) para ayudar en la evaluación del rendimiento del profesorado y detectar las necesidades para enseñar estadística y probabilidad. En este sentido, se observa una escasa preparación del profesorado de educación primaria para la enseñanza de la probabilidad. Desde esta perspectiva, los resultados sugieren la necesidad de incluir experiencias específicas relacionadas con resultados probables, probabilidades, mediana y muestreo.

En síntesis, como se ha indicado, los resultados de los estudios sobre el conocimiento para enseñar probabilidad muestran puntuaciones bajas en los diversos subdominios y/o facetas de conocimiento analizadas, lo cual refleja una escasa preparación del profesorado de Educación Primaria para la enseñanza de estos contenidos matemáticos. En este sentido, las distintas investigaciones coinciden en la importancia de mejorar la formación para potenciar el desarrollo profesional del profesorado de matemáticas en la enseñanza de la probabilidad.

Por lo que se refiere a los datos de la Figura 5 sobre los conocimientos para enseñar estadística, la tendencia es similar. Así, desde la perspectiva del modelo MKT, Watson *et al.* (2008) se enfocan en el PCK, encontrando que de los 42 participantes –8 profesores de primaria, 5 en enseñanzas medias, 9 en secundaria y 20 de bachillerato–, en el caso del profesorado con conocimientos deficitarios, tenían dificultades para dar respuesta a los ítems de la estadística básica, pasando por alto puntos que requerían una respuesta a un malentendido específico del estudiante. Por su parte, el profesorado con un nivel de conocimientos más elevado, todavía mostraron algunas dificultades para lograr mejores puntuaciones. En general, mostraron una habilidad satisfactoria para enfocar las matemáticas involucradas en los problemas de razonamiento proporcional y sugirieron respuestas correctas e incorrectas a los elementos. Examinando estos datos, los autores concluyen que es necesario fortalecer los programas de desarrollo profesional. Estrella *et al.* (2015) en su estudio discuten sobre los pobres resultados en cuanto a la interpretación de gráficos y tablas argumentando que estos contenidos forman parte del currículo, pero no se tratan en las aulas. En este sentido, manifiestan la necesidad de que los profesores y futuros profesores adquieran habilidades para criticar, construir y analizar las representaciones estadísticas para promover situaciones de enseñanza que fomenten el aprendizaje de la estadística. A su vez, Siswono *et al.* (2018) centran su estudio en el PCK, CCK y SMK del profesorado para enseñar el concepto de media. Estos autores diseñan tareas para examinar a 40 maestros en activo, concluyendo que, la mayoría del profesorado no comprende el concepto de media desde la perspectiva de inferencia de un total fijo (SMK). Respecto al CCK, ningún maestro respondió adecuadamente cómo incorporar el conocimiento cultural en la enseñanza de la estadística. Respecto al PCK, hubo disparidad de respuestas sobre la adecuación de la enseñanza y aprendizaje de los conceptos media, mediana y moda en alumnos de primaria.

Finalmente, desde la perspectiva de las investigaciones sin un modelo concreto, Koleza y Kontogianni (2012) analizaron el conocimiento estadístico de 10 docentes de primaria, hallando un conocimiento deficitario en nociones como la mediana, la moda, el rango, el diagrama de tallo y el diagrama de línea. Con

estas conclusiones, las autoras ven necesaria la implementación de programas de desarrollo profesional para los docentes en servicio.

En definitiva, pues, las investigaciones sobre el conocimiento del profesorado para la enseñanza de la estadística muestran una tendencia similar a las que se han focalizado en la probabilidad: los datos obtenidos en los distintos subdominios y/o facetas de

conocimiento tienden a revelar bajas puntuaciones, por lo que se insiste en la necesidad de implementar y/o mejorar los programas de formación para el desarrollo profesional del profesorado.

Con base en estos resultados, en la Tabla 4 se resumen los componentes del conocimiento para enseñar estadística y probabilidad del profesorado de Educación Primaria que se han analizado desde los distintos modelos.

Tabla 4.

Síntesis de los componentes del conocimiento para enseñar estadística y probabilidad analizados.

	Conocimiento pedagógico del contenido	Conocimiento transversal del tema	Conocimiento sobre cómo aprenden los estudiantes	Conocimiento de estrategias de enseñanza	Conocimiento del contenido a enseñar
MKT Ball <i>et al.</i> (2008)	*	*	*		*
CCDM Godino <i>et al.</i> (2017)	*	*	*	*	*
MTSK Carrillo <i>et al.</i> (2018)	*	*			*
Sin modelo definido	*	*	*	*	*

En la Tabla 4 se observa que, desde el año 1997 hasta el 2021, los componentes más analizados han sido el conocimiento pedagógico del contenido, el conocimiento transversal del tema y el conocimiento del contenido a enseñar.

## 6. Consideraciones finales

Se han analizado 34 artículos sobre el conocimiento para enseñar estadística y probabilidad del profesorado de Educación Primaria localizados en JCR/SSCI, Scopus, Eric, Google Académico, Science Direct, World Scientific, Springer y finalmente, Wiley Online Library, durante el período 1997-2021 a partir de procedimientos sistemáticos de codificación. Esta técnica y los resultados obtenidos nos han permitido caracterizar la investigación acerca del conocimiento del profesorado de matemáticas para enseñar estadística y probabilidad en Educación Primaria comunicada a través de artículos científicos.

A partir de la revisión sistemática realizada, se observa que existe un predominio de las investigaciones centradas en el futuro profesorado, posiblemente debido a la mayor facilidad de acceso de los investigadores a esta población o con la finalidad de poder mejorar los procesos formativos. En este sentido, Vázquez y Alsina (2015a) argumentan que, debido a los escasos estudios existentes con profesorado en activo, en el marco de la *International Commission on Mathematical Instruction (ICMI)*, por ejemplo, se ha impulsado una línea de investigación centrada en la formación del profesorado en la enseñanza de estadística y probabilidad (Batanero *et al.*, 2011).

Otro aspecto general destacable es que los estudios abordan el análisis de los conocimientos del profesorado para enseñar estadística y probabilidad por separado, a pesar de que ambos tipos de conocimientos están estrechamente relacionados en el marco de la estocástica (Batanero, 2009; Alsina *et al.*, 2020). Adicionalmente, se ha podido determinar que las investigaciones sobre la enseñanza de la probabilidad prevalecen sobre los estudios en estadística.

La revisión realizada ha permitido también identificar los modelos de conocimiento del profesor de matemáticas usados en los estudios. En este sentido, los modelos más utilizados hasta el momento para analizar el conocimiento del futuro profesorado de matemáticas para enseñar estadística y probabilidad son

el CCDM (Godino, 2009; Godino *et al.*, 2017) y el MKT (Ball *et al.*, 2008), mientras que prácticamente no se han identificado artículos con el MTSK (Carrillo *et al.*, 2018), probablemente debido a que este último es un modelo más reciente. En cambio, con el profesorado de matemáticas en activo, se han identificado resultados similares en las investigaciones con los modelos CCDM y MKT y los estudios sin un modelo de conocimiento concreto. Además, no se han identificado artículos con el modelo MTSK. En términos generales, pues, los datos obtenidos a partir de la revisión sistemática han puesto de manifiesto que la mayoría de investigadores se apoyan en un determinado modelo de conocimiento (especialmente el MKT y el CCDM), pero todavía son diversos los estudios que no se fundamentan en ningún modelo. Esta diversidad de enfoques de las investigaciones puede ocasionar, por ejemplo, algunas dificultades para comparar los datos obtenidos acerca del conocimiento del profesorado de Educación Primaria para enseñar estadística y probabilidad.

Otro hallazgo relevante es que, en su conjunto, las investigaciones identificadas muestran puntuaciones bajas en los subdominios y facetas de conocimiento analizadas, lo cual refleja un escaso conocimiento del profesorado de Educación Primaria para enseñar estadística y probabilidad. De acuerdo con diversos autores, estas lagunas de conocimiento son debidas a las escasas o nula formación recibida, y causan inseguridad para tratar dichos contenidos en las prácticas de enseñanza (Batanero, 2009; Vázquez y Alsina, 2015a). En este sentido, diversos autores recomiendan potenciar la formación en la enseñanza de estadística y probabilidad incorporando estrategias y recursos como los proyectos estadísticos, los materiales manipulativos, los recursos tecnológicos o, más en general, los itinerarios de enseñanza a partir de distintos contextos (Vázquez y Alsina, 2015a; Azcárate *et al.*, 1998; Batanero *et al.*, 1997; Cardeñoso y Azcárate, 2004; Gea y Fernandes, 2018; Ortiz *et al.*, 2006; Pinheiro *et al.*, 2019; entre otros).

A modo de conclusión, cabe señalar que esta investigación ha permitido sintetizar y analizar los artículos científicos publicados en los últimos 25 años sobre el conocimiento del profesorado de Educación Primaria para enseñar estadística y la probabilidad, con la intención de obtener una primera visión general sobre el tema. Así, pues, aunque tal como se indica en Batanero *et al.* (2011), los estudios para enseñar estadística y la probabilidad apenas se han tenido en cuenta en la agenda de investigación

sobre el conocimiento del profesorado para enseñar matemáticas, los datos aportados en nuestro estudio pueden ser el punto de partida para realizar otras investigaciones que permitan ir aclarando otros aspectos de naturaleza bibliométrica, como por ejemplo la producción de artículos por años, por grupos de investigación, etc.; junto con características específicas del conocimiento del profesorado de Educación Primaria para enseñar estadística y probabilidad, con el propósito de desarrollar planes de formación inicial y continua más ajustados a las necesidades y lagunas de conocimiento.

Una de las posibles limitaciones de este estudio ha sido no haber considerado los capítulos de libro y actas de congresos para realizar la revisión sistemática, lo cual puede ser un obstáculo para la generalización de los resultados. Así pues, en futuras investigaciones va a ser necesario ampliar el estudio con otras fuentes con el propósito de tener un panorama más amplio de los estudios que se han venido realizando en las últimas décadas en relación al conocimiento del profesorado de Educación Primaria para enseñar estadística y probabilidad.

## 7. Referencias bibliográficas

- Alacaci, C., Lewis, S. P., O'Brien, G. E., y Jiang, Z. (2011). Pre-Service Elementary Teachers' Understandings of Graphs. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 7, 3-14. <https://doi.org/10.12973/ejmste/75171>
- Alsina, Á. (2012). La estadística y la probabilidad en Educación Infantil conocimientos disciplinares, didácticos y experienciales. *Didácticas Específicas*, 7, 4-22.
- Alsina, Á., Vázquez, C., Muñoz-Rodríguez, L., y Rodríguez-Muñoz, L. J. (2020). ¿Cómo promover la alfabetización estadística y probabilística en contexto? Estrategias y recursos a partir de la COVID-19 para Educación Primaria. *Epsilon*, 104, 99-128.
- Arteaga, P., Contreras, J. M., y Cañadas, G. R. (2014). Conocimiento de la estadística y los estudiantes en futuros profesores: un estudio exploratorio. *Avances de Investigación en Educación Matemática*, 6, 63-84. <https://doi.org/10.35763/aiem.v1i6.97>
- Arteaga, P., Batanero, C., Cañadas, G. R., y Gea, M. M. (2012). Evaluación del conocimiento especializado de la estadística en futuros profesores mediante el análisis de un proyecto estadístico. *Educação Matemática Pesquisa*, 14(2), 279-297.
- Azcárate, P., Cardeñoso, J. M., y Porlán, R. (1998). Concepciones de futuros profesores de primaria sobre la noción de aleatoriedad. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), 85-97.
- Ball, D., Thames, M. H., y Phelps, G. (2008). Content knowledge for teaching: What makes it special? *Journal of Teacher Education*, 59(5), 389-407. <https://doi.org/10.1177/0022487108324554>
- Batanero, C. (2009). Retos para la formación estadística de los profesores. En J. A. Fernandes, F. Viseu, M. H. Martinho y P. F. Correia (Eds.), *Actas do II Encontro de Probabilidade e Estatística na Scola* (pp. 1-24). Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/257295767\\_retos\\_para\\_la\\_formacion\\_estadistica\\_de\\_los\\_profesores](https://www.researchgate.net/publication/257295767_retos_para_la_formacion_estadistica_de_los_profesores)
- Batanero, C., Burrill, G., y Reading, C. (Eds.) (2011). *Teaching Statistics Education in School Mathematics, Challenges for Teaching and Teacher Education. A Joint ICMI/IASE Study: The 18th ICMI Study*. Springer.
- Batanero, C., Godino, J. D., y Navas, F. (1997). *Concepciones de maestros de primaria en formación sobre los promedios*. [http://www.cvrecursosdidacticos.com/web/repository/1294692536\\_Sobre%20la%20media%20aritmética.pdf](http://www.cvrecursosdidacticos.com/web/repository/1294692536_Sobre%20la%20media%20aritmética.pdf)
- Batanero, C., Gómez, E., Contreras, J. M., y Díaz, C. (2015). Conocimiento matemático de profesores de primaria en formación para la enseñanza de la probabilidad: Un estudio exploratorio. *Práxis Educativa* 10(1), 11-34. <https://doi.org/10.5212/PraxEduc.v.10i1.0001>
- Batanero, C., Gómez, E., Serrano, L., y Contreras, J. M. (2012). Comprensión de la aleatoriedad por futuros profesores de educación primaria. *REDIMAT*, 1(3), 222-245. <https://doi.org/10.4471/redimat.2012.13>
- Bryant, P., y Nunes, T. (2012). *Children's understanding of probability. A literature review*. Nuffield Foundation.
- Cardeñoso, J. M., y Azcárate, P. (2004). Las concepciones de los profesores de Primaria ante el conocimiento probabilístico: implicaciones para su formación. *Revista de Educación de la Universidad de Granada*, 17, 11-35.
- Carrillo-Yañez, J., Climent, N., Montes, M., Contreras, L.C., Flores-Medrano, E., Escudero-Ávila, D., Vasco, D., Rojas, N., Flores, P., Aguilar-González, A., Ribeiro, M., y Muñoz-Catalán; M<sup>a</sup>.C. (2018). The mathematics teacher's specialised knowledge (MTSK) model. *Research in Mathematics Education*, 20, 236-253. <https://doi.org/10.1080/14794802.2018.1479981>
- Carrillo, J., Montes, M. A., Contreras, L. C., y Climent, N. (2017). Les connaissances du professeur dans une perspective basée sur leur spécialisation: MTSK. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives*, 22, 85-205.
- Contreras, J. M., Batanero, C., Díaz, C., y Fernandes, J. A. (2011). *Prospective teachers' common and specialized knowledge in a probability task*. [https://www.researchgate.net/publication/260341867\\_PROSPECTIVE\\_TEACHERSCOMMON\\_AND\\_SPECIALIZED\\_KNOWLEDGE\\_IN\\_A\\_PROBABILITY\\_TASK](https://www.researchgate.net/publication/260341867_PROSPECTIVE_TEACHERSCOMMON_AND_SPECIALIZED_KNOWLEDGE_IN_A_PROBABILITY_TASK)
- de Vetten, A., Schoonenboom, J., Keijzer, R., y van Oers, B. (2019). Pre-service teachers and informal statistical inference: Exploring their reasoning during a growing samples activity. En G. Burrill y D. Ben-Zvi (Eds), *Topics and Trends in Current Statistics Education Research* (pp. 639-661). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-03472-6\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-03472-6_9)
- Estrada, A., Batanero, C., y Fortuny, J. M. (2004). Un estudio sobre conocimientos de estadística elemental de profesores en formación. *Educación Matemática*, 16(1), 89-111.
- Estrada, A., y Batanero, C. (2019). Prospective primary school teachers' attitudes towards probability and its teaching. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 15(1), 1-14. <https://doi.org/10.29333/iejme/5941>
- Estrella, S., Olfos, R., y Mena-Lorca, A. (2015). El conocimiento pedagógico del contenido de estadística en profesores de primaria. *Educação e Pesquisa*, 41(2), 477-493. <https://doi.org/10.1590/S1517-97022015041858>
- Fernandes, J. A., Gea, M. M., y Batanero, C. (2016). Conocimiento de futuros profesores de Educación Primaria sobre probabilidad en experiencias compuestas. En C. Fernández, J. L. González, F. J. Ruiz, T. Fernández y A. Berciano (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XX* (pp. 178-185). SEIEM.
- Frye, D., Baroody, A. J., Burchinal, M., Carver, S. M., Jordan, N. C., y McDowell, J. (2013). *Teaching math to young children: A practice guide (NCEE 2014-4005)*. National Center for Education, Evaluation and Regional Assistance, Institute of Education Sciences, U.S. Department of Education.
- Gea, M. M., y Fernandes, J. A. (2018). Conocimiento de futuros profesores de los primeros años escolares para enseñar probabilidad. *Avances de Investigación en Educación Matemática*, 14, 15-30. <https://doi.org/10.35763/aiem.v0i14.213>
- Godino, J. D. (2009). Categorías de análisis de los conocimientos del profesor de matemáticas. *UNIÓN, Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 20, 13-31.
- Godino, J. D., Giacomone, B., Batanero, C., y Font, V. (2017). Enfoque ontosemiótico de los conocimientos y competencias del profesor de matemáticas. *Bolema: Boletim*

- de Educação Matemática, 31(57), 90-113. <http://dx.doi.org/10.1590/1980-4415v31n57a05>
- Gómez, E., Batanero, C., Díaz, C., y Contreras, J. M. (2016). Developing a questionnaire to assess the probability content knowledge of prospective primary school teachers. *Statistics Education Research Journal* 15(2), 197-215. <https://doi.org/10.1037/t62029-000>
- Gómez, E., Batanero, C., y Contreras, J. M. (2014). Conocimiento matemático de futuros profesores para la enseñanza de la probabilidad desde el enfoque frecuencial. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 28(48), 209-229. <http://dx.doi.org/10.1590/1980-4415v28n48a11>
- Gorham, T., y Chamberlin, S. A. (2019). Pre-service teacher statistical misconceptions during teacher preparation program. *The Mathematics Enthusiast*, 16(1), 461-484.
- Green, D. R. (1983). A Survey of probabilistic concepts in 3000 pupils aged 11-16 years. En D. R. Grey, P. Holmes, V. Barnett, y G. M. Constable (Eds.), *Proceedings of the First International Conference on Teaching Statistics*, (vol. II, p. 766-783). International Conference on Teaching Statistics.
- Gutiérrez, F. J. H., y Flores, E. L. (2015). El conocimiento especializado del docente de matemáticas. *Revista de Investigación Educativa de la REDIECH*, 11, 36-44. [https://doi.org/10.33010/ie\\_rie\\_rediech.v6i11.159](https://doi.org/10.33010/ie_rie_rediech.v6i11.159)
- Jones, G. A. (Ed.) (2005). *Exploring probability in school. Challenges for teaching and Learning*. Springer. <https://doi.org/10.1007/b105829>
- Kitchenham, B., Brereton, O. P., Budgen, D., Turner, M., Bailey, J., y Linkman, S. (2009). Systematic literature reviews in software engineering—a systematic literature review. *Information and Software Technology*, 51(1), 7–15. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2008.09.009>
- Koleza, E., y Kontogianni, A. (2012). Statistics in Primary Education in Greece: How Ready Are Primary Teachers? En D. Ben-Zvi y K. Makar (Eds.), *The Teaching and Learning of Statistics* (pp. 2544-2553). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-23470-0\\_34](https://doi.org/10.1007/978-3-319-23470-0_34)
- Kurt, G. y Coşkuntuncel, O. (2020). Assessment of elementary mathematics teachers' probability content knowledge in terms of different meanings of probability. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 11(3), 706-732. <https://doi.org/10.16949/turkbilmate.728122>
- Meca, J. S. (2010). Cómo realizar una revisión sistemática y un meta-análisis. *Aula Abierta*, 38(2), 53-64.
- Mohamed, N., y Ortiz, J. J. (2012). Evaluación de conocimientos de profesores en formación sobre el juego equitativo. *Números*, 80, 103-117.
- NCTM (2003). *Principios y estándares para la educación matemática*. Thales.
- Nunes, T., Bryant, P., Evans, D., Gottardis, L., y Terlektsi, M-E. (2015). *Teaching mathematical reasoning: Probability and problem solving in primary school*. University of Oxford.
- Ortiz, J. J., Mohamed, N., Serrano, L., y Rodríguez, J. (2007). Competencias de futuros profesores de Educación Primaria en la asignación de probabilidades. En R. Luengo, B. Gómez, M. Camacho y L. Blanco (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XII* (pp. 1-17). SEIEM.
- Pinheiro, M., Serrazina, M., y Silva, A. (2019). Desenvolvimento Profissional de uma Professora dos Anos Iniciais do Ensino Fundamental no Tema Probabilidade. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 33(65), 1175-1194. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v33n65a10>
- Pino-Fan, L., y Godino, J. D. (2015). Perspectiva ampliada del conocimiento didáctico-matemático del profesor. *Paradigma*, 36(1), 87-109. <https://doi.org/10.37618/PARADIGMA.1011-2251.2015.p87-109.id552>
- Rivas, H., Godino, J. D., Arteaga, P., y Estepa, A. (2013). Desarrollo del conocimiento estadístico común y avanzado en estudiantes de magisterio. En A. Berciano, G. Gutiérrez, A. Estepa y N. Climent (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XVII* (pp. 467-474). SEIEM.
- Rivas, H., Godino, J. D., y Arteaga, P. (2018). Desarrollo de conocimientos estadísticos en futuros profesores de educación primaria a través de un proyecto de análisis de datos: posibilidades y limitaciones. *Educación Matemática*, 30(3), 83-100. <https://doi.org/10.24844/em3003.04>
- Shulman, L. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Siswono, T. Y. E., Kohar, A. W., y Hartono, S. (2018). Designing Tasks to Examine Mathematical Knowledge for Teaching Statistics for Primary Teachers. *Journal of Physics Conference Series*, 947(1), 1-6. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/947/1/012008>
- Vásquez, C., y Alsina, Á. (2015a). Conocimiento Didáctico-Matemático del Profesorado de Educación Primaria sobre Probabilidad: diseño, construcción y validación de un instrumento de evaluación. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 29(52), 681-703. <http://dx.doi.org/10.1590/1980-4415v29n52a13>
- Vásquez, C., y Alsina, Á. (2015b). El conocimiento del profesorado para enseñar probabilidad: Un análisis global desde el modelo del Conocimiento Didáctico-Matemático. *Avances de Investigación en Educación Matemática*, 7, 27-48. <https://doi.org/10.35763/aiem.v1i7.104>
- Vásquez, C., y Alsina, Á. (2017). Aproximación al conocimiento común del contenido para enseñar probabilidad desde el modelo del Conocimiento Didáctico-matemático. *Educación Matemática*, 29(3), 79-108. <https://doi.org/10.24844/EM2903.03>
- Vásquez, C., y Alsina, Á. (2019a). Conocimiento especializado del profesorado de educación básica para la enseñanza de la probabilidad. *Profesorado*, 23, 393-419. <https://doi.org/10.30827/profesorado.v23i1.9160>
- Vásquez, C., y Alsina, Á. (2019b). Observing Mathematics Teaching Practices to Promote Professional Development: An Analysis of Approaches to Probability. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 14(3), 719-733. <https://doi.org/10.29333/iejme/5866>
- Watson, J. M., Donne, J. M., y Callingham, R. A. (2008). Establishing PCK for teaching statistics. En C. Batanero, G. Burrill, C. Reading y A. Rossman (Eds.), *Teaching Statistics in School Mathematics-Challenges for Teaching and Teacher Education: A Joint ICMI/IASE Study: The 18th ICMI Study* (pp. 1-6). Springer.
- Watson, J.M. (2001). Profiling teachers' competence and confidence to teach particular mathematics topics: The case of chance and data. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 4, 305-337. <https://doi.org/10.1023/A:1013383110860>
- Zhong, B., y Xia, L. (2020). A systematic review on exploring the potential of educational robotics in mathematics education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(1), 79-10.