

# RETOS DE LA INVESTIGACIÓN SOBRE SENTIDO ESTOCÁSTICO EN PROYECTOS STE(A)M DE EDUCACIÓN SECUNDARIA

## Challenges of research about stochastic sense in STE(A)M projects in Secondary Education

Berciano, A.

Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)

### Resumen

*Se presenta una reflexión sobre el estado actual de la investigación sobre el sentido estocástico en la Educación Secundaria, y en concreto, en contextos de aprendizaje STE(A)M. Para ello, en primer lugar, se muestra la importancia de los contextos o proyectos STE(A)M en la Educación actual; en segundo lugar, una visión holística de qué se entiende por sentido estocástico, especialmente en Educación Secundaria; y, en tercer lugar, se describen algunas de las corrientes de investigación en esta etapa educativa sobre sentido estocástico, en particular, se analiza la realidad de la inserción de dicho sentido en algunos ejemplos de proyectos STE(A)M implementados en el aula de Educación Secundaria. Finalmente, se plantean retos para avanzar en una educación de calidad que favorezca la adquisición del sentido estocástico en Educación Secundaria en contextos o proyectos STE(A)M.*

**Palabras clave:** *STE(A)M, sentido estocástico, educación secundaria, actitud del profesorado de secundaria.*

### Abstract

*This paper presents a reflection on the current state of research on stochastic sense in Secondary Education, and specifically, in STE(A)M learning contexts. To this end, it firstly shows the importance of STE(A)M contexts or projects in current education; secondly, it provides a holistic view of what is meant by stochastic sense, especially in Secondary Education; and thirdly, it describes some of the research currents at this educational stage on stochastic sense; in particular, the reality of the inclusion of stochastic sense in some examples of STE(A)M projects implemented in the Secondary Education classroom is analysed. Finally, it raises challenges for advancing quality education that favours the acquisition of stochastic sense in Secondary Education in STE(A)M contexts or projects.*

**Keywords:** *STE(A)M, stochastic sense, secondary education, secondary school teachers' attitudes.*

### EDUCACIÓN STE(A)M

El término STEM (de su siglas en inglés Science, Technology, Engineering, Mathematics) surge a mediados del siglo XX para referirse a los cuatro ámbitos de conocimiento científico-tecnológicos antes mencionados, debido a una demanda económica global asociada a trabajos más técnicos, basados en desarrollos tecnológicos y, por tanto, la necesidad de impulsar las carreras tecnocientíficas se convierte en prioritaria, donde la integración del conocimiento disciplinar de todas ellas es primordial (Kelley y Knowles, 2016). En este sentido la National Science Foundation (NSF) establece como uno de sus objetivos el de lograr “una ciudadanía bien formada y diversificada

laboralmente en estos ámbitos” (NSF, s.f.), y, por ende, plantea la necesidad de realizar un cambio en el enfoque educativo a uno que responda a estos requisitos, fomentando la Educación STEM.

Posteriormente, el término STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics), acuñado por la NSF en los años noventa del siglo XX, se debe a la evolución del acrónimo STEM, como resultado de la integración de las artes a la educación STEM, con el fin de, entre otros, romper con la división entre artes y ciencias; avalada por investigaciones que concluían que las actividades de humanidades y artes fomentan la creatividad, la resolución de problemas y las competencias de análisis (Sousa y Pilecki, 2013). Y, desde entonces, desde distintos ámbitos políticos y educativos, en las últimas décadas, el acrónimo STEAM ha sido promovido, adquiriendo cada vez más relevancia e impregnando distintos ámbitos de la sociedad actual, con el fin de poner en valor, tanto a nivel laboral como educativo, una cultura científico-tecnológica más amplia en la población.

Así, distintos países han definido e implementado estrategias políticas que abordaran con éxito los retos de una sociedad cada vez más científico-tecnológica y, paulatinamente, pudieran establecer líneas de acción educativas unificadas. A nivel europeo, esta tendencia ha dado lugar a la creación de una red conformada por 49 entidades, EU STEM Coalition (<https://www.stemcoalition.eu>), con el objetivo de mejorar la educación STEM europea y “promover nuevas formas de impartir educación y encontrar y compartir soluciones basadas en pruebas para el desajuste de competencias en STEM”.

A nivel estatal, el Ministerio de Educación, Formación Profesional y Deporte (sf) tiene una estrategia STEAM en la que plantea tanto la integración de la educación STEAM en las aulas, como la superación de la brecha de género en puestos laborales asociados a carreras científico-tecnológicas. Igualmente, en las distintas comunidades autónomas se han diseñado e implementado progresivamente estrategias STEAM específicas a cada una de estas regiones, el primer plan fue creado en 2017 (STEMCat plan), y en todos ellos se hace hincapié en la necesidad del enfoque STEAM en la Educación (Lupión-Cobos et al., 2023).

Estas estrategias sociopolíticas se ven plasmadas en los currículos educativos actuales, tanto en los modos de adquirir las competencias clave como en el planteamiento de estas, por medio de los objetivos de etapa. Así, para el caso de Educación Secundaria, con la implantación del Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria, encontramos un primer cambio asociado al tipo de competencia que el alumnado debe adquirir, pues, en el currículo anterior se debía desarrollar la competencia matemática, como competencia básica o fundamental de etapa, mientras que actualmente está integrada en la competencia clave *competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería, competencia STEM*, como:

La competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería (competencia STEM por sus siglas en inglés) entraña la comprensión del mundo utilizando los métodos científicos, el pensamiento y representación matemáticos, la tecnología y los métodos de la ingeniería para transformar el entorno de forma comprometida, responsable y sostenible.

La competencia matemática permite desarrollar y aplicar la perspectiva y el razonamiento matemáticos con el fin de resolver diversos problemas en diferentes contextos. [...]” (Ministerio de Educación y Formación Profesional, 2022, p. 28).

Dicha competencia viene descrita por los descriptores de cierre de etapa, en el que el alumnado debe haber adquirido las habilidades necesarias para ser capaz de... (ver Tabla 1).

Además, las distintas materias que conforman el currículo deben aportar y ayudar al desarrollo de las competencias clave, por medio de sus distintas competencias específicas. Para el caso de la competencia STEM, la matemática juega un papel especial, la cual tiene diez competencias específicas (CE) asociadas, que, a su vez, están agrupadas en bloques competenciales. Así, tenemos (ver Tabla 2).

**Tabla 1**

*Descriptor de la Competencia STEM al Acabar Educación Secundaria (pp. 28-29)*

Código	Descripción
STEM1	Utilizar métodos inductivos y deductivos propios del razonamiento matemático en situaciones conocidas, y seleccionar y emplear diferentes estrategias para resolver problemas analizando críticamente las soluciones y reformulando el procedimiento, si fuera necesario.
STEM2	Utilizar el pensamiento científico para entender y explicar los fenómenos que ocurren a su alrededor, confiando en el conocimiento como motor de desarrollo, planteándose preguntas y comprobando hipótesis mediante la experimentación y la indagación, utilizando herramientas e instrumentos adecuados, apreciando la importancia de la precisión y la veracidad y mostrando una actitud crítica acerca del alcance y las limitaciones de la ciencia.
STEM3	Plantear y desarrollar proyectos diseñando, fabricando y evaluando diferentes prototipos o modelos para generar o utilizar productos que den solución a una necesidad o problema de forma creativa y en equipo, procurando la participación de todo el grupo, resolviendo pacíficamente los conflictos que puedan surgir, adaptándose ante la incertidumbre y valorando la importancia de la sostenibilidad.
STEM4	Interpretar y transmitir los elementos más relevantes de procesos, razonamientos, demostraciones, métodos y resultados científicos, matemáticos y tecnológicos de forma clara y precisa y en diferentes formatos (gráficos, tablas, diagramas, fórmulas, esquemas, símbolos...), aprovechando de forma crítica la cultura digital e incluyendo el lenguaje matemático-formal con ética y responsabilidad, para compartir y construir nuevos conocimientos.
STEM5	Emprender acciones fundamentadas científicamente para promover la salud física, mental y social, y preservar el medio ambiente y los seres vivos; y aplicar principios de ética y seguridad en la realización de proyectos para transformar su entorno próximo de forma sostenible, valorando su impacto global y practicando el consumo responsable.

**Tabla 2**

*Bloques Competenciales de la Matemática en Educación Secundaria (pp.142-145)*

Bloques competenciales	CE	Descripción de la CE	Descriptor de la Competencia STEM
Resolución de problemas	CE1	Interpretar, modelizar y resolver problemas de la vida cotidiana y propios de las matemáticas, aplicando diferentes estrategias y formas de razonamiento, para explorar distintas maneras de proceder y obtener posibles soluciones.	STEM1 STEM2 STEM3 STEM4
	CE2	Analizar las soluciones de un problema usando diferentes técnicas y herramientas, evaluando las respuestas obtenidas, para verificar su validez e idoneidad desde un punto de vista matemático y su repercusión global.	STEM1 STEM2
Razonamiento y prueba	CE3	Formular y comprobar conjeturas sencillas o plantear problemas de forma autónoma, reconociendo el valor del razonamiento y la argumentación, para generar nuevo conocimiento.	STEM1 STEM2

	CE4	Utilizar los principios del pensamiento computacional organizando datos, descomponiendo en partes, reconociendo patrones, interpretando, modificando y creando algoritmos, para modelizar situaciones y resolver problemas de forma eficaz.	STEM1 STEM2 STEM3
Conexiones	CE5	Reconocer y utilizar conexiones entre los diferentes elementos matemáticos, interconectando conceptos y procedimientos, para desarrollar una visión de las matemáticas como un todo integrado.	STEM1 STEM3
	CE6	Identificar las matemáticas implicadas en otras materias y en situaciones reales susceptibles de ser abordadas en términos matemáticos, interrelacionando conceptos y procedimientos, para aplicarlos en situaciones diversas.	STEM1 STEM2
Comunicación y representación	CE7	Representar, de forma individual y colectiva, conceptos, procedimientos, información y resultados matemáticos, usando diferentes tecnologías, para visualizar ideas y estructurar procesos matemáticos.	STEM3
	CE8	Comunicar de forma individual y colectiva conceptos, procedimientos y argumentos matemáticos, usando lenguaje oral, escrito o gráfico, utilizando la terminología matemática apropiada, para dar significado y coherencia a las ideas matemáticas.	STEM2 STEM4
Destrezas socioafectivas	CE9	Desarrollar destrezas personales, identificando y gestionando emociones, poniendo en práctica estrategias de aceptación del error como parte del proceso de aprendizaje y adaptándose ante situaciones de incertidumbre, para mejorar la perseverancia en la consecución de objetivos y el disfrute en el aprendizaje de las matemáticas.	STEM5
	CE10	Desarrollar destrezas sociales reconociendo y respetando las emociones y experiencias de los demás, participando activa y reflexivamente en proyectos en equipos heterogéneos con roles asignados, para construir una identidad positiva como estudiante de matemáticas, fomentar el bienestar personal y grupal y crear relaciones saludables.	STEM3

Un análisis del posible origen de la definición de estos bloques competenciales nos lleva a plantear una retrospectiva histórica y tener que hablar de los estándares de procesos matemáticos, definidos por la National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) como el medio para poder trabajar de modo significativo los estándares de contenidos matemáticos en todas las etapas educativas (NCTM, 2003).

En concreto, la NCTM define cinco estándares de procesos matemáticos y, si analizamos estos, encontramos un paralelismo entre la mayoría de los bloques competenciales y los estándares de procesos matemáticos (EPM), como se muestra en la Tabla 3:

**Tabla 3**

*Bloques Competenciales y su Relación con los Estándares de Procesos Matemáticos (EPM)*

Bloque competencial	EPM	Características de los EPM
Resolución de problemas	Resolución de problemas	1) Construir nuevos conocimientos matemáticos a través de la resolución de problemas; 2) Resolver problemas derivados de las matemáticas y en otros contextos; 3) Aplicar y adaptar una variedad de estrategias adecuadas para la resolución de problemas; 4) Supervisar y reflexionar sobre el proceso de resolución de problemas matemáticos.
Razonamiento y prueba	Razonamiento y prueba	1) Reconocer el razonamiento y la demostración como aspectos fundamentales de las matemáticas; 2) Formular e investigar conjeturas matemáticas; 3) Desarrollar y evaluar argumentos y pruebas; 4) Seleccionar y utilizar diversos tipos de razonamiento y métodos de demostración.
Conexiones	Conexiones	1) Reconocer y utilizar conexiones entre ideas matemáticas; 2) Comprender cómo se relacionan y organizan las ideas matemáticas en un todo coherente; 3) Reconocer y aplicar ideas matemáticas en contextos no matemáticos.
Comunicación y representación	Comunicación	1) Organizar y consolidar su pensamiento matemático a través de la comunicación; 2) Comunicar su pensamiento matemático de forma coherente y clara a compañeros, profesores y otras personas; 3) Analizar y evaluar el pensamiento y las estrategias matemáticas de los demás; 4) Utilizar el lenguaje matemático para expresar ideas matemáticas con precisión.
	Representación	1) Crear y utilizar representaciones para organizar, registrar y comunicar ideas matemáticas; 2) Seleccionar, aplicar y traducir representaciones matemáticas para resolver problemas; Utilizar representaciones para modelizar e interpretar fenómenos físicos, sociales y matemáticos.
Destrezas socioafectivas	-	

Además de los bloques competenciales, tenemos que las competencias específicas de la matemática deben ser adquiridas por medio de la movilización de los saberes básicos, que, a su vez, están estructurados entorno a los distintos sentidos matemáticos: sentido numérico, sentido de la medida, sentido espacial, sentido algebraico, sentido socioafectivo y *sentido estocástico*.

Por todo ello, vemos que para poder desarrollar con éxito la competencia STEM están involucradas la matemática (con todo lo que esto implica: sentidos matemáticos, bloques competenciales, competencias específicas) y otras materias, entre ellas, las de ámbitos científico-tecnológicos con un peso relativo alto en el desarrollo de esta competencia. Igualmente, entre los objetivos de la etapa encontramos que el alumnado debe desarrollar destrezas de trabajo en equipo, rechazar los estereotipos que supongan discriminación entre hombres y mujeres, desarrollar destrezas tecnológicas básicas y concebir el conocimiento científico como un saber integrado [...] (pp. 8-9); aspectos claramente vinculados con la estrategia STE(A)M definida por Ministerio de Educación, Formación Profesional y Deporte (s.f).

## SENTIDO ESTOCÁSTICO

Centrando nuestro interés en el sentido estocástico, como acabamos de mencionar, este aparece en el currículo actual de Educación Secundaria como uno de los sentidos matemáticos necesarios para el desarrollo de la competencia STEM.

El sentido estocástico comprende el análisis y la interpretación de datos, la elaboración de conjeturas y la toma de decisiones a partir de la información estadística, su valoración crítica y la comprensión y comunicación de fenómenos aleatorios en una amplia variedad de situaciones cotidianas (Ministerio de Educación y Formación Profesional, 2022, p. 142).

A su vez, el sentido estocástico se desglosa en tres grandes apartados (ver Tabla 4):

**Tabla 4**

*Componentes del Sentido Estocástico en Educación Secundaria (1-3 cursos, pp. 149-150)*

Apartado	Componentes del sentido estocástico (cursos 1-3)
Organización y análisis de datos	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Estrategias de recogida y organización de datos de situaciones de la vida cotidiana que involucran una sola variable. Diferencia entre variable y valores individuales.</li> <li>– Análisis e interpretación de tablas y gráficos estadísticos de variables cualitativas, cuantitativas discretas y cuantitativas continuas en contextos reales.</li> <li>– Gráficos estadísticos: representación mediante diferentes tecnologías (calculadora, hoja de cálculo, aplicaciones, ...) y elección del más adecuado.</li> <li>– Medidas de localización: interpretación y cálculo con apoyo tecnológico en situaciones reales.</li> <li>– Variabilidad: interpretación y cálculo, con apoyo tecnológico, de medidas de dispersión en situaciones reales.</li> <li>– Comparación de dos conjuntos de datos atendiendo a las medidas de localización y dispersión.</li> </ul>
Incertidumbre	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Fenómenos deterministas y aleatorios: identificación.</li> <li>– Experimentos simples: planificación, realización y análisis de la incertidumbre asociada.</li> <li>– Asignación de probabilidades mediante experimentación, el concepto de frecuencia relativa y la regla de Laplace.</li> </ul>
Inferencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Formulación de preguntas adecuadas que permitan conocer las características de interés de una población.</li> <li>– Datos relevantes para dar respuesta a cuestiones planteadas en investigaciones estadísticas: presentación de la información procedente de una muestra mediante herramientas digitales.</li> <li>– Estrategias de deducción de conclusiones a partir de una muestra con el fin de emitir juicios y tomar decisiones adecuadas.</li> </ul>

En esta descripción vemos cómo hay tres dimensiones (denominados apartados en el currículo): la primera, organización y análisis de datos, relacionada en mayor medida con el tratamiento de datos de modo descriptivo, esto es, lo habitualmente entendido como estadística descriptiva; las dos siguientes dimensiones, incertidumbre e inferencia, se relacionan directamente con la probabilidad y la estadística inferencial; por lo que la inclusión de las tres dimensiones del sentido estocástico plantea

y requiere de un conocimiento profundo de cada una de ellas por separado y, a su vez, de los puentes de conexión entre todas ellas.

Este planteamiento, aunque novedoso en el currículo educativo actual, no es ajeno a la realidad de la investigación en educación matemática; por lo que para poder entender cómo el currículo ha llegado a la definición de este sentido con sus tres dimensiones, veamos una pequeña evolución histórica de su tratamiento y un análisis de los marcos teóricos más relevantes que describen en qué consiste.

### **Evolución histórica del sentido estocástico en la Educación**

En 1989, el NCTM publica el libro *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*; documento en el que se explicita que uno de los estándares de contenidos que debe trabajarse desde las primeras edades, como parte fundamental de la matemática, es la estadística y la probabilidad (Vásquez, 2022). Desde entonces son varios los documentos e iniciativas internacionales que han puesto de relieve la necesidad de la alfabetización estocástica en la ciudadanía, con el fin de que esta tenga una formación integral.

En 2010, la Asamblea General de las Naciones Unidas, en su reunión del 3 de junio decidió nombrar el 10 de octubre de 2010 el primer Día Mundial de la Estadística (INE, s.f.). El tema general de ese día fue la Celebración de los numerosos logros de las estadísticas oficiales, y pretendía, entre otros, poner en valor la relevancia y utilidad de la estadística en el desarrollo social y económico. Desde entonces, dicha celebración se lleva a cabo cada 5 años con el fin de difundir la relevancia de la estadística y de la probabilidad y de poner en valor la necesidad de fomentar una alfabetización estadística en la ciudadana. Además, esta alfabetización, estadística y probabilista, se ha ido incorporando en distintas pruebas internacionales estandarizadas relacionadas con la medición del desarrollo competencial matemático de estudiantes de distintas edades.

A modo de ejemplo, la prueba PISA, conocida por evaluar el desempeño competencial del alumnado de 15 años, plantea desde sus comienzos tareas relacionadas con la estadística y de la probabilidad. El marco teórico de evaluación de la competencia matemática de 2003 incorpora cuatro ideas principales para “adaptarse a los requisitos del desarrollo histórico, la cobertura del área y la plasmación de las líneas principales del currículo escolar” (OCDE, 2003, p. 37) y, entre estas ideas, se encuentra la incertidumbre. Esta inclusión está en línea con las directrices de investigaciones internacionales, en las que se pone de manifiesto que la ciudadanía necesita estar formada para saber interpretar y poder evaluar conclusiones extraídas de situaciones donde la incertidumbre está presente (Gal, 2005). Posteriormente, la OCDE (2022) incorpora la probabilidad como saber básico imprescindible en el marco teórico de evaluación de la competencia matemática en las pruebas PISA y, esta realidad, como ya hemos visto, se ha visto transferida a los documentos curriculares actuales por medio del sentido estocástico.

### **Marcos Teóricos sobre Sentido Estocástico en Investigación**

Como hemos visto en el apartado anterior, el sentido estocástico debe ser trabajado desde una visión holística, donde además de los estándares de procesos matemáticos asociados (bloques competenciales) a dicho sentido, se debe trabajar la componente socioafectiva del alumnado; todos ellos en cada una de sus tres dimensiones: organización y tratamiento de datos, incertidumbre e inferencia. Este planteamiento, como veremos a continuación, se alinea con los distintos marcos teóricos descritos en los últimos años sobre qué dimensiones involucra el sentido estocástico.

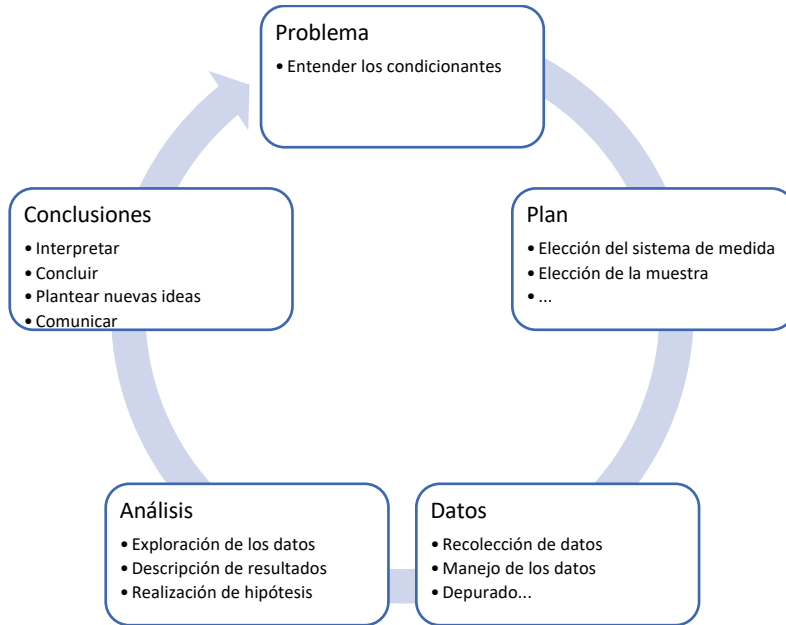
Un primer acercamiento al análisis de los marcos teóricos que definen el sentido estocástico nos obliga a aclarar que, en primer lugar, encontramos planteamientos separados para el sentido estadístico y el sentido probabilístico en los trabajos de investigación internacionales.

Uno de los primeros marcos de referencia para entender en qué consiste el sentido estocástico es el trabajo de Wild y Pfannkuch (1999) sobre pensamiento estadístico. En dicho artículo plantean el

razonamiento estadístico como el pensamiento clave en la resolución de problemas que involucren aplicar la estadística en su resolución. Así, el razonamiento estadístico es la unión de cuatro dimensiones: i) el ciclo de investigación PPDAC (ver Figura 1), ii) los modos fundamentales de razonamiento estadístico; iii) el ciclo de interrogación y iv) la actitud.

**Figura 1**

*Ciclo de investigación PPDAC de Wild y Pfannkuch (1999, p. 226)*



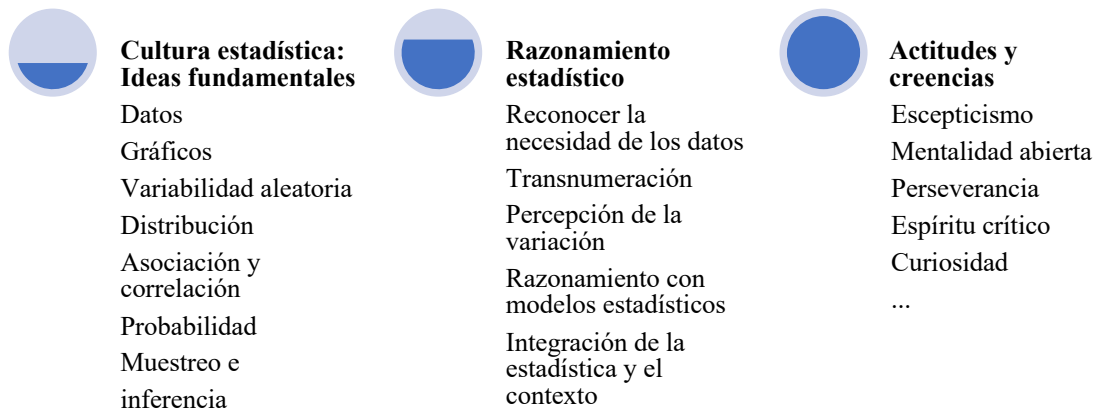
Por otro lado, Borovcnik (2011) aborda la descripción del sentido probabilístico analizando qué aspectos involucra este sentido en la toma de decisiones, concluyendo que para que una persona pueda decidir de modo correcto probabilísticamente debe: a) encontrar un equilibrio entre elementos psicológicos y formales de la probabilidad cuando se utiliza una escala personal de probabilidad; b) comprender que no hay modo de garantizar el éxito en situaciones aleatorias; c) discriminar entre aleatoriedad y causalidad; y d) diferenciar entre reflexionar sobre un problema y tomar una decisión. Además, la adquisición de este sentido también requiere que la persona entienda: i) la influencia de un juicio previo de probabilidad, ii) la asimetría de probabilidades condicionadas, iii) el carácter teórico de independencia, iv) el problema asociado a las probabilidades pequeñas, y v) la correlación como dependencia probabilística (Borovcnik, 2011), citado en Batanero y Borovcnik (2016, p. 20).

Posteriormente, se han hecho avances en la definición e interpretación de qué es el sentido estocástico y cuáles son las dimensiones que lo componen, integrando componentes tanto asociadas al sentido estadístico como al sentido probabilístico.

Batanero et al. (2013) describen el sentido estocástico (en dicho trabajo, denominado sentido estadístico) como la unión de la cultura estadística y el razonamiento estadístico (definido por Wild y Pfannkuch, 1999); donde la primera “implica la comprensión adecuada de las ideas estadísticas fundamentales” y el segundo “permite tomar decisiones adecuadas o efectuar predicciones a partir de datos y en presencia de incertidumbre” (p. 8). Así, dicho sentido se conforma por medio de las siguientes tres dimensiones (ver Figura 2):

**Figura 2**

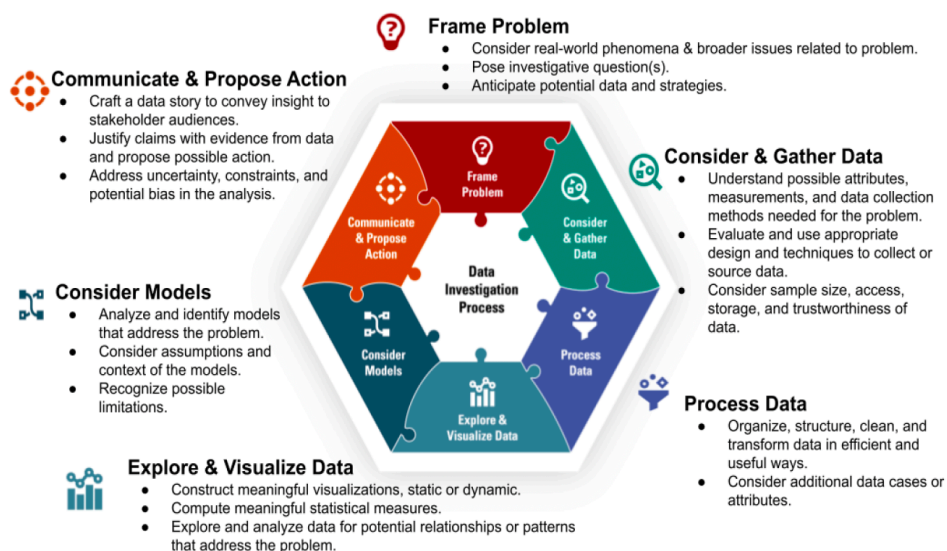
*Dimensiones del Sentido Estocástico (Batanero et al., 2013)*



En la misma línea, con el fin de describir qué tareas involucra el sentido estocástico, Lee et al. (2022) analizan la literatura publicada sobre los procesos de investigación estadística planteados para trabajar el sentido estocástico en Educación Secundaria, estableciendo un paralelismo con la ciencia de datos como campo de investigación y las prácticas de las personas que se dedican a dicha ciencia. Tras este estudio plantean un marco teórico de seis dimensiones para trabajar el sentido estocástico, donde cada de las dimensiones tiene definidas unas prácticas, para poder desarrollarla con éxito. En este caso, tenemos (ver Figura 3):

**Figura 3**

*Dimensiones del sentido estocástico (Lee et al., 2022, p. 11)*



Así, una comparación de los dos últimos marcos teóricos aquí expuestos nos lleva a encontrar las mismas prácticas necesarias para poder desarrollar el sentido estocástico, ubicadas o categorizadas de distinto modo, aunque en el segundo modelo la importancia de la dimensión afectiva quede más implícita que en el modelo previo (Batanero et al., 2013).

En conclusión, teniendo en cuenta los marcos teóricos internacionales sobre lo que conlleva el sentido estocástico y el planteamiento del currículo actual de Educación Secundaria con la inclusión del

sentido estocástico como sentido clave de la competencia matemática, es claro que, para conseguir un desarrollo del sentido estocástico del alumnado, tanto el tratamiento y organización de datos como la comprensión y aplicación correcta del significado de la inferencia e incertidumbre son cruciales; donde los conceptos básicos de probabilidad y su relación con los datos y su posible carácter de aleatoriedad cobran especial atención.

## **INVESTIGACIONES SOBRE SENTIDO ESTOCÁSTICO EN EDUCACIÓN SECUNDARIA**

Una vez vista la relevancia que tiene a nivel teórico el sentido estocástico en Educación Secundaria, en este apartado queremos mostrar la realidad del tratamiento de este en las aulas, por medio de las investigaciones realizadas. Como la definición de sentido estocástico es bastante reciente, lo primero que debemos tener en cuenta es que las investigaciones previas publicadas analizan la situación de la estadística o de la probabilidad, principalmente de modo independiente.

Con respecto a la estadística, encontramos que, a pesar de estar en el currículo de Educación Secundaria, no tiene el tratamiento docente que le correspondería, resultando escaso e incluso llegando a no darse; debido a que el profesorado no se siente a gusto con su enseñanza (Gea et al., 2016, citado en Lorenzo Valentín y Juan Verdoy, 2017). Igualmente, la probabilidad no se trabaja en el aula de Educación Secundaria como se debería, dedicándole poco tiempo y, en parte, este hecho puede deberse a que el profesorado muestra cierta resistencia a enseñarla (Serradó et al., 2006). Además, Veloo y Chairhany (2013) afirman que la actitud del profesorado hacia la materia que debe impartirse es fundamental, debido a que una actitud positiva de éste se reflejará en el rendimiento del alumnado y la actitud del profesorado puede estar condicionada por la falta de conocimiento sobre una materia, creando inseguridad.

Así, en este apartado analizamos: 1) las investigaciones recientes sobre actitud del profesorado de secundaria hacia el sentido estocástico y su enseñanza; 2) las investigaciones sobre sentido estocástico en implementaciones de proyectos o contextos STE(A)M: panorama europeo; 3) las investigaciones sobre sentido estocástico en implementaciones de proyectos o contextos STE(A)M: panorama estatal.

### **Actitud del profesorado hacia el sentido estocástico y su enseñanza**

Uno de los temas de interés de investigación relacionados con el sentido estocástico ha sido, y es, la actitud del profesorado hacia este y su enseñanza. Como ya hemos mencionado previamente, en este caso también encontramos trabajos que analizan la actitud hacia la estadística y su enseñanza, o la actitud hacia la probabilidad y su enseñanza.

Con respecto a las investigaciones realizadas, la mayoría de los estudios publicados se centran en analizar la actitud hacia la estadística y su enseñanza. Los primeros instrumentos de medición usados se remontan a las décadas de los ochenta y de los noventa del siglo XX: *statistics attitude survey* (Roberts y Bilderback, 1980), *attitudes toward statistics* (Wise, 1985), la escala de actitudes hacia la estadística (Auzmendi, 1992) y el *survey of attitudes toward statistics* (Schau et al., 1995; Schau, 2003), el cual sigue siendo ampliamente utilizado internacionalmente (Persson et al., 2019; Rodríguez-Santero y Gil-Flores, 2019) y en este cuestionario se proponen cuatro componentes de la actitud: 1) afectivo (sentimientos positivos o negativos hacia la estadística), 2) competencia cognitiva (percepción de las capacidades propias sobre conocimientos y habilidades en estadística), 3) valor (utilidad, relevancia y valor conferido a la estadística en la vida personal y profesional) y 4) dificultad (percepción de facilidad o dificultad de la materia de estadística).

La mayoría de los estudios posteriores se centran en considerar como población objeto de estudio el profesorado de Educación Primaria (en formación o en activo), donde los resultados muestran una actitud neutra o moderadamente positiva hacia la estadística y su enseñanza (Estrada et al., 2004,

Anasagasti et al., 2023). Además, en estos trabajos se tienen en cuenta distintas variables sociodemográficas que puedan dar una visión más clara de este comportamiento. Así, en Estrada et al. (2004) se analiza la importancia de la experiencia laboral, concluyendo que las actitudes hacia la estadística del profesorado en formación de Educación Primaria y en ejercicio tienen características muy similares, si bien encuentran una mayor puntuación media en el profesorado en ejercicio, aunque en ambos casos la actitud del profesorado es neutra con una ligera tendencia positiva. Respecto a la perspectiva de género, hay estudios que indican que, a pesar de contemplar pequeñas diferencias respecto a los componentes de la actitud o a la hora de analizar el proceso de aprendizaje (Anasagasti et al., 2023), en general, no hay diferencias significativas entre hombres y mujeres (Dauphinee et al., 1997; Estrada et al., 2004). Con respecto al conocimiento estadístico, Estrada et al. (2017) afirman que “El efecto mostrado de los conocimientos sobre las actitudes sugiere que la mejor preparación de los profesores es un requisito imprescindible si queremos mejorar sus actitudes” (p. 87).

Con respecto a investigaciones que abordan la actitud del profesorado de Educación Secundaria hacia la estadística y su enseñanza, Mills (2007) explora la actitud del profesorado de primaria y secundaria hacia la estadística con un cuestionario creado ad-hoc; con una muestra de 185 profesores de 34 centros distintos, 30 de educación primaria y 155 de Educación Secundaria y Bachillerato. Sus resultados ponen de manifiesto que la mayoría del profesorado tiene, en general, una actitud positiva sobre la estadística, pero señala que la elaboración y evaluación de inferencias y predicciones basadas en datos es lo más difícil de aplicar y que, para mejorar su conocimiento, necesita preparación y formación adicionales. Sin embargo, no encontramos trabajos que hayan usado alguno de los instrumentos antes mencionados y, en este sentido, Estrada, Batanero y Lancaster (2011) enfatizan la carencia de investigaciones que aborden la actitud del profesorado de Educación Secundaria hacia la estadística y su enseñanza.

Por otro lado, en los últimos años encontramos estudios centrados en analizar la actitud del profesorado hacia la probabilidad y su enseñanza. En este caso, el número de publicaciones todavía no es muy amplia y, además, la mayoría de las publicaciones están relacionadas con el profesorado en formación. Todas las investigaciones realizadas se basan en los trabajos de Estrada y Batanero (2015) y Estrada et al. (2018), en los que se describe el instrumento de medición de la actitud hacia la probabilidad y su enseñanza y las siete componentes asociadas a esta. Los trabajos posteriores son: 1) Estrada y Batanero (2020), con población objetivo el futuro profesorado de educación primaria, los resultados son que la actitud en general es positiva hacia la probabilidad y su enseñanza en las siete componentes del cuestionario; 2) Vásquez et al. (2019), con población objetivo futuras maestras de Educación Infantil (Chile), los resultados muestran una actitud levemente negativa, con media global inferior al valor medio esperado; 3) Ruz et al. (2023), con población objetivo futuro profesorado de matemáticas de Educación Secundaria en España y Chile. En este caso, la actitud es mayormente positiva hacia la probabilidad y su enseñanza.

También tenemos investigaciones que consideran como población diana el profesorado en activo. Entre estos últimos, el trabajo de Sukunza-Pagola y Berciano-Alcaraz (2025) analiza la actitud de profesorado de Educación Primaria en activo, con una muestra conformada por 252 participantes de la Comunidad Autónoma Vasca (CAV). Los resultados muestran que la actitud es moderadamente positiva y ligeramente mejor entre hombres. La formación parece ser un elemento clave para generar actitudes más positivas y las personas más experimentadas son las que muestran peores actitudes, con diferencias estadísticamente significativas de comportamiento. Para el caso de Educación Secundaria, Alvarado et al. (2018) usan una muestra mixta compuesta por 70 docentes en activo de matemáticas de la enseñanza media y 51 docentes en formación de Chile y los trabajos de Anasagasti et al. (2024a) e Izagirre et al. (2025) consideran una muestra conformada por 185 docentes en activo de Educación Secundaria de la CAV.

En el primer estudio, la muestra analizada tiene una actitud positiva hacia la probabilidad y su enseñanza, aunque es ligeramente mejor entre el profesorado en activo, y mejora con la experiencia docente. En cuanto al sexo, el promedio de la actitud de los hombres es levemente superior al de las mujeres (Alvarado et al., 2018).

En el segundo estudio, la actitud del profesorado participante, en general, es moderadamente positiva. Con respecto a la perspectiva de género, no hay diferencias estadísticamente significativas, aunque la percepción del profesorado masculino es algo mejor que la del femenino. La formación previa del profesorado en matemáticas resulta ser una variable determinante; esto es, el profesorado con formación en matemáticas, física o económicas muestra actitudes positivas, mientras que el de ingeniería, ciencias experimentales y arquitectura presentan actitudes positivas leves. Además, las diferencias son estadísticamente significativas a favor de la formación matemática, la cual se asoció con un efecto medio en las actitudes del profesorado. En cuanto a la experiencia laboral, la antigüedad resulta tener un efecto moderado hacia la enseñanza de la probabilidad, incrementando la positividad de la percepción según incrementan los años de experiencia (Anasagasti et al. 2024a; Izagirre et al., 2025).

### **Investigaciones sobre sentido estocástico en Proyectos STE(A)M: panorama europeo**

Volviendo al tema planteado en el título de este trabajo, el tratamiento del sentido estocástico en proyectos STE(A)M en Educación Secundaria, a pesar de no pretender hacer un estudio exhaustivo de los trabajos publicados a nivel internacional, sí consideramos relevante analizar los trabajos publicados a nivel europeo y dar una visión clara de las líneas actuales de investigación en ellos. En este sentido, hemos decidido ver cuáles son los trabajos que se presentan en el congreso bianual de la European Society for Research in Mathematics Education (ERME), conocido por su acrónimo CERME.

ERME incorporó el grupo TWG26 (*Mathematics in the context of STEM Education*) al CERME11, en 2019, como reconocimiento a su importancia en la Educación Matemática (Ubuz et al., 2019). Desde entonces, en el congreso bianual de dicha sociedad se han presentado investigaciones que dieran respuesta a distintos focos de interés, donde uno de ellos es, o debería ser, el sentido estocástico.

En la primera reunión del grupo temático, en el CERME 11, de los 14 trabajos presentados, sólo uno analiza la relevancia del sentido estocástico en contextos STEM. Oliveira, Henriques y Batista (2019) estudian la percepción del profesorado en formación inicial para trabajar la estadística con alumnado de octavo grado, en un contexto STEM que pretendía integrar la física y la estadística, concluyendo que el éxito de la integración STEM dependía de la percepción del profesorado y de su competencia en la elección de materiales adecuados en este contexto. Además, el profesorado en formación puso en valor el conocimiento profundo de la estadística como base para realizar procesos de pensamiento de alto nivel.

En la segunda reunión, en el CERME12, se presentaron y discutieron 14 comunicaciones y 4 pósteres (Ubuz et al., 2022). En este caso, ningún trabajo analiza la inclusión del sentido estocástico en contextos STEM, pero sí se menciona de nuevo la importancia del desarrollo profesional del profesorado. En este sentido, en Diego-Mantecón et al. (2022), se describe un proyecto Erasmus+ destinado a examinar y superar los principales problemas que obstaculizan la aplicación de la educación STEAM en la enseñanza en Educación Secundaria. Erbasan y Çakıroğlu (2022) analizan la experiencia del profesorado de Educación Secundaria en la enseñanza de las matemáticas dentro de un enfoque integrado STEM, destacando que el profesorado se queja de obstáculos (como las limitaciones de tiempo, la falta de experiencias de trabajo en equipo, la falta de conocimientos y experiencia, la falta de material para las actividades, etc.) que dificultan el éxito de la enseñanza integrada.

En CERME13, se presentaron 17 trabajos (Ubuz et al., 2024). De nuevo, el desarrollo profesional del profesorado aparece como una de las líneas clave. Con respecto al sentido estocástico en Educación Secundaria, encontramos un único trabajo, Kurudirek y Arslan (2024), donde se analiza la importancia del nivel de razonamiento covariacional de 3 estudiantes voluntarios de séptimo grado, participantes en una implementación, demostrando que los niveles de razonamiento (co)variacional del alumnado son de vital importancia en la interpretación de conceptos científicos, así como en el uso de tablas y construcción de gráficos al razonar cuantitativamente.

Esto es, solo dos trabajos de un total de cuarenta y nueve (un 4% escaso) plantean analizar la inclusión o el desarrollo del sentido estocástico en proyectos STE(A)M y un análisis de los posibles porqués de este hecho.

### **Investigaciones sobre sentido estocástico en proyectos STE(A)M: panorama estatal**

Como ya hemos mencionado en la introducción, las estrategias educativas STE(A)M hace años que se han ido implementado gradualmente en España y, con ello, los proyectos STE(A)M han llegado a las aulas de distintos modos. En este sentido, estudios como el de Diego-Mantecón et al. (2021) plantean dudas acerca de si los proyectos interdisciplinarios son adecuados para explotar las matemáticas escolares de forma eficaz; por lo que en este apartado nos interesamos por saber cuál es el grado de evaluación realizado en estos proyectos, y, en especial, con respecto al sentido estocástico. Con el fin de ver el grado de evaluación de estos proyectos y qué aspectos eran los más relevantes, encontramos dos trabajos recientes que nos describen la realidad del análisis del sentido estocástico en estos casos.

En Berciano et al. (2024), se analizan los artículos publicados sobre proyectos STE(A)M implementados en el aula de Educación Primaria en España en las últimas 3 décadas (1993-2022), con un especial énfasis en ver qué evaluación competencial matemática y científica se lleva a cabo en ellos. Para ello, se realiza una revisión sistemática de la literatura, aplicando el protocolo PRISMA 2020 (Page et al., 2021), mostrando que de todos los artículos publicados que evalúan en algún sentido una implementación llevada a cabo en el aula de Educación Primaria (53 trabajos), solo siete de ellos ponen el foco en la competencia matemática desarrollada por el alumnado a lo largo de dicha implementación; y, en concreto, para el caso del sentido estocástico solo uno lo evalúa, centrándose exclusivamente en el modo que tiene el alumnado de organizar y representar los datos, por medio del uso de gráficos estadísticos.

En esta misma línea, en el trabajo en fase final de realización de Berciano et al. (preprint), se analizan los artículos publicados en Web of Science (WoS) y Scopus sobre de proyectos STE(A)M implementados en Educación Secundaria en España en las últimas 3 décadas (1995-2024), con el fin de saber el tipo de evaluación que se hace sobre las competencias matemática y científica. Para ello, se realiza una revisión sistemática de la literatura, aplicando el protocolo PRISMA 2020 (Page et al., 2021) y un análisis preliminar de los resultados muestra que solo 34 artículos evalúan distintos aspectos relacionados con las implementaciones de aula realizadas. De estos, 17 se centran en evaluar la competencia matemática, pero ninguno de ellos evalúa el desarrollo del sentido estocástico.

Esta realidad pone de relieve, de nuevo, la necesidad de ahondar en las bondades y dificultades del desarrollo de estos proyectos STE(A)M en las aulas de Educación Secundaria y la incidencia de estos en el desarrollo del sentido estocástico del alumnado.

Para poder ilustrar esta situación, acabamos esta sección con un ejemplo, extraído del trabajo de Berciano et al. (en prensa). En dicho trabajo, se analizan tres proyectos STE(A)M llevados a cabo en tres centros de Educación Secundaria públicos del País Vasco. El objetivo es ver, en primer lugar, qué sentido matemático ha sido incorporado en el diseño teórico y, en segundo lugar, cuáles son los estándares de procesos matemáticos que emergen de las actividades desarrolladas en el aula. Para poder dar respuesta al primer objetivo, se procede con un análisis de contenido y una serie de

entrevistas semiestructuras a los equipos docentes participantes en el diseño de los proyectos. Para responder el segundo objetivo, se analizan los trabajos escritos del alumnado. Los resultados indican que sólo uno de los proyectos incluye el sentido estocástico en su diseño teórico y, en este caso, durante la implementación, los estándares de procesos matemáticos que emergen asociados a este sentido son la comunicación y la representación (ver Tabla 5, proyecto 3).

**Tabla 5**

*Sentidos matemáticos y estándares de procesos matemáticos asociados a 3 proyectos STE(A)M*

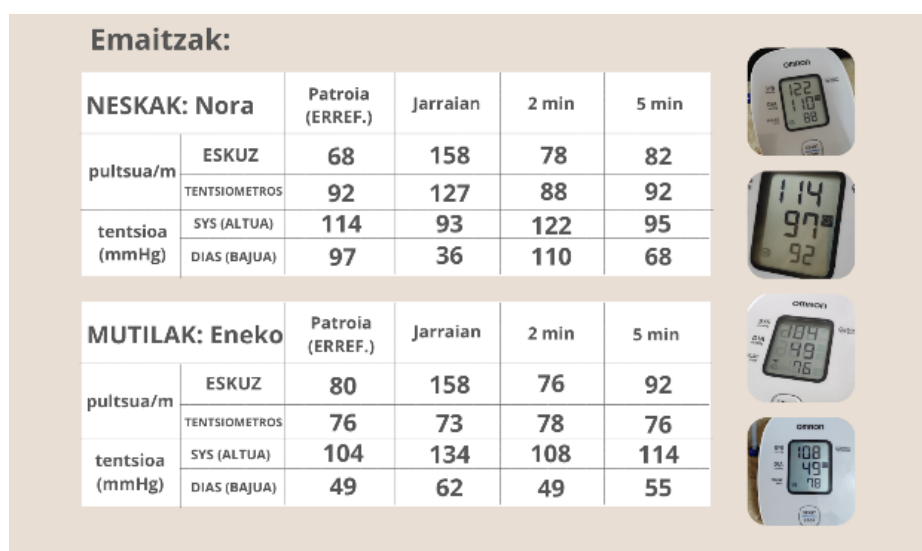
Proyecto	Sentido matemático en el diseño	Estándares de procesos matemáticos en la implementación
1	Sentido numérico	Resolución de problemas, conexión, razonamiento y prueba, comunicación y representación
2	Sentido espacial	Comunicación y representación
3	Sentido estocástico	Comunicación y representación

En concreto, el proyecto 3 se centró en entender el aparato circulatorio humano, más en concreto, la importancia de la presión arterial y su variabilidad. Para ello, en una de las actividades programadas, se analizó la presión arterial en reposo, después de realizar ejercicio físico o ingerir productos como la sal, refrescos azucarados o café. En grupos de 3-5 personas, las y los estudiantes recopilaban datos del pulso y la presión arterial tanto de forma manual como utilizando dispositivos de medición precisos, utilizando tablas estadísticas que después debían interpretar. Finalmente, prepararon pósteres en los que plasmar los resultados de los distintos experimentos.

De las 11 presentaciones entregadas por los distintos grupos, 9 exponían los resultados mediante tablas que mostraban las diferentes mediciones realizadas (ver Figura 4). Además, 2 de ellas también incluyeron gráficos estadísticos para mostrar dichos datos de manera visual (ver Figura 5).

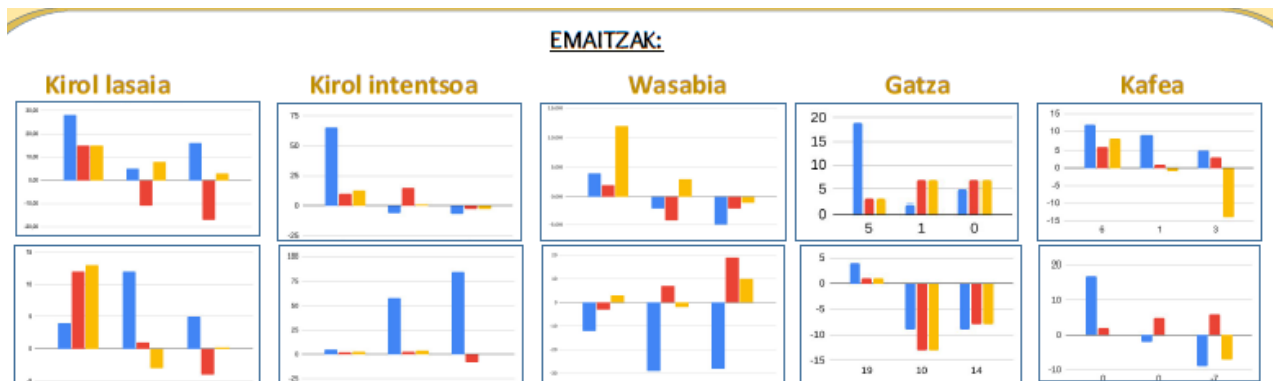
**Figura 4**

*Representaciones de los datos por medio de tablas*



**Figura 5**

*Representaciones de los datos gráficamente*



Es claro que en este caso se plantea el tratamiento de datos por medio del uso de tablas y gráficos (Anasagasti et al., 2024b), tarea relacionada con la dimensión tratamiento y organización de datos del sentido estocástico.

Sin embargo, tal como indica el profesorado en las entrevistas, los contenidos estadísticos se trabajaron a partir de los conocimientos previos del alumnado o de manera intuitiva, sin establecer nexos explícitos con los contenidos recogidos dentro del currículo de matemáticas. Esto implicó que, en cuanto a una posible inferencia de los resultados obtenidos, la argumentación basada en datos estadísticos presentara limitaciones considerables, puesto que en prácticamente ningún caso se fue más allá de la interpretación de datos aislados; en línea con lo que indican Berciano et al. (2021) y poniendo de manifiesto que las dimensiones incertidumbre e inferencia no han sido tratadas.

## **REFLEXIONES FINALES SOBRE LA INVESTIGACIÓN ACERCA DEL SENTIDO ESTOCÁSTICO EN EDUCACIÓN SECUNDARIA**

Hace ya más de dos décadas, Batanero y Díaz (2004) indicaban que los proyectos de investigación eran herramientas que permitían mostrar la utilidad y aplicar los conocimientos estadísticos durante todo su proceso, e igualmente, estos podían ser usados para trabajar los conocimientos probabilísticos. Así, en cuanto al sentido estocástico, los proyectos STE(A)M podrían ser experiencias educativas con una potencialidad única para trabajar este sentido de modo significativo, pero la realidad parece mostrar que la situación actual del despliegue de estos proyectos todavía debe recorrer un largo camino para abordar con éxito este objetivo. Así, en esta parte final de este trabajo, se describe una serie de reflexiones finales sobre los retos que la investigación acerca del sentido estocástico en Educación Secundaria en contextos STE(A)M debe abordar y responder.

### **Creación y medición de estrategias de fomento de la actitud del profesorado hacia el sentido estocástico y su enseñanza**

Tras el análisis de las investigaciones sobre la actitud del profesorado hacia el sentido estocástico y su enseñanza, una de las carencias que encontramos es la casi nula investigación sobre la actitud del profesorado de Educación Secundaria hacia la estadística y su enseñanza, preocupación ya mostrada por Estrada, et al., (2011), destacándola como una de las líneas de investigación prioritarias para el área de conocimiento. Igualmente, las investigaciones sobre la actitud del profesorado de Educación Secundaria hacia la probabilidad y su enseñanza son también muy escasas, por lo que se ve necesario medir de modo más holístico la actitud y los porqués de dicha actitud.

Otro de los hallazgos que se derivan de las investigaciones previas es la importancia de la formación disciplinar del profesorado, debido a que esta variable influye estadísticamente tanto en su actitud hacia la estadística y su enseñanza (educación primaria), como en su actitud hacia la probabilidad y

su enseñanza (educación primaria y educación secundaria). Así, otras de las líneas prioritarias del área sería ver qué tipos de formaciones muestran beneficios en la actitud del profesorado y cuáles con las características que las conforman.

A modo de ejemplo, encontramos trabajos previos en los que se ha pilotado una formación basada en el Aprendizaje Basado en Proyectos, con la inclusión del ciclo de investigación de Wild y Pfannkuch (1999), y han concluido que este tipo de formación ayuda a que el profesorado en formación de Educación Primaria mejore su actitud hacia la estadística y su enseñanza (Anasagasti et al. 2023), donde algunos de los principios más destacados de esta metodología son percibidos positivamente por el profesorado en formación, entre ellos, la introducción de contextos reales, la posibilidad de generar hipótesis propias y la dinamización de los equipos de trabajo (Anasagasti-Aguirre et al., 2022). Igualmente, Batanero y Borocknik (2016) detallan distintas actividades para trabajar el sentido estocástico en el aula de Educación Secundaria, donde se describen los descriptores principales asociados a cada actividad acordes a los marcos teóricos de Batanero et al. (2013) y Borovcnik (2011).

Por tanto, estas actividades podrían servir de base para la creación de módulos formativos que ayudaran al profesorado a mejorar su conocimiento didáctico y disciplinar y medir si estos repercuten en su mejora actitudinal.

De estas líneas de investigación y resultados previos con otros colectivos, se ve la necesidad de encontrar estrategias que fomenten la actitud del profesorado hacia el sentido estocástico y su enseñanza y medir en qué aspectos mejora, si es el caso. De este modo, el objetivo final sería que el profesorado adquiriera una mejor formación disciplinar y un mayor apoyo afectivo y, por ende, valorara en mayor medida el sentido estocástico y su enseñanza en Educación Secundaria (acorde con Estrada, Batanero y Lancaster, 2011).

### **Medición y fomento del grado de integración del sentido estocástico en los diseños de los proyectos STE(A)M y evaluación del desarrollo del sentido estocástico en sus implementaciones**

Otra de las líneas de investigación que emerge de las investigaciones previas realizadas sobre proyectos STE(A)M es, por un lado, la necesidad de medir la integración de la competencia matemática (acorde con Diego-Mantecón et al., 2021) y, en especial, del sentido estocástico en los diseños teóricos de los proyectos STE(A)M que, posteriormente, son implementados en las aulas de Educación Secundaria. A priori, de las investigaciones analizadas, parece derivarse que no es uno de los sentidos matemáticos más elegidos en los diseños teóricos de los proyectos STE(A)M y, por tanto, un objetivo debería ser establecer un criterio de inclusión equilibrado inter-sentidos matemáticos. Por otro lado, se pone de manifiesto que la evaluación del desarrollo de la competencia matemática en las implementaciones de proyectos STE(A)M en Educación Secundaria todavía tiene un largo recorrido por hacer, y, como no podía ser de otro modo, el sentido estocástico no es ajeno a esta situación (Berciano et al., en prensa). Además, un estudio de caso nos ha permitido ver cómo, en este caso, las tareas relacionadas con el sentido estocástico muestran un planteamiento muy intuitivo de éste, donde el alumnado debe tratar y comunicar datos (Anasagasti et al., 2024b) y, por tanto, en aquellos casos en los que se incluye el sentido estocástico en el diseño, habría que analizar cuál es el tratamiento real del sentido estocástico, con el fin plantear mejoras en su diseño.

### **Análisis de las variables que determinan e influyen en el tratamiento que hace el profesorado del sentido estocástico en proyectos STE(A)M en el aula de Educación Secundaria**

Finalmente, otro de los grandes retos del área que ha emergido de las investigaciones previas sobre los Proyectos STE(A)M en Educación Secundaria está vinculado con la toma de decisiones del profesorado en la fase del diseño de los proyectos STE(A)M. Así, Erbasan y Çakıroğlu (2022) mencionan que el profesorado se queja de obstáculos que dificultan el éxito de la enseñanza integrada, entre ellas, limitación de tiempo, la falta de experiencias de trabajo en equipo, la falta de conocimientos y experiencia. Ortiz-Laso et al. (2024) afirman que, para que se dé un aprendizaje

integrado de la matemática en un diseño que involucra biología-geología-matemáticas, este requeriría de una formación continua del profesorado o una enseñanza conjunta en la que participaran docentes de distintas especialidades.

En esta línea, Ortuzar-Iragorri et al. (2024) profundizan en los retos, desafíos y dificultades que tiene el profesorado de secundaria de un centro de Educación Secundaria en las fases de diseño, implementación y evaluación de proyectos STEM, destacando que durante la fase de diseño del proyecto STEM, el profesorado considera difícil seleccionar y desplegar las tareas para equilibrar las áreas curriculares de conocimiento correspondientes y las dificultades están asociadas con la integración de las matemáticas en el proyecto STEM y la temporalidad de algunos docentes.

Así, estas primeras investigaciones nos plantean una dificultad añadida en el tratamiento del sentido estocástico en los proyectos STE(A)M de Educación Secundaria: el trabajo interdisciplinar del profesorado. Al fin y al cabo, el diseño recae en un equipo docente variado, con formaciones disciplinares muy diversas y, por tanto, la pregunta clave es analizar las variables que determinan e influyen en el tratamiento del sentido estocástico en el diseño de los proyectos por parte del profesorado implicado y si una formación disciplinar ayudaría en los diseños de estos proyectos.

Finalmente, se acaba este documento con un planteamiento positivista de los retos actuales que debe asumir el área de conocimiento con respecto a la investigación sobre el sentido estocástico en proyectos STE(A)M de Educación Secundaria. Es claro que los proyectos STE(A)M forman parte de la realidad actual de la Educación Secundaria y, en línea de Bogdan-Toma y García-Carmona (2021), vemos necesario “emprender investigaciones didácticas que arrojen pruebas y conclusiones de su implementación en las aulas, con vistas a determinar fortalezas, debilidades y aspectos a mejorar” (p. 75); por tanto, en estos párrafos finales hemos planteado algunas de las líneas de investigación que consideramos principales y que, a nuestro entender, el área de conocimiento debería establecer como prioritarias para dar respuestas claras a la problemática planteada y ayudar a que los diseños y despliegues de los proyectos STE(A)M sean lo más eficientes posibles para desarrollar de modo significativo el sentido estocástico del alumnado.

### **Agradecimientos**

Trabajo parcialmente financiado por el grupo de investigación GIU21/031 de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (KOMATZI) y el proyecto de investigación Hezkuntza23/01 del Gobierno Vasco/Eusko Jaurlaritza.

### **Referencias**

- Alvarado, H., Andaur, G. y Estrada, A. (2018). Actitudes hacia la probabilidad y su enseñanza: Un estudio exploratorio con profesores de matemáticas en formación y en ejercicio de Chile. *Revista Paradigma*, 39(2), 36-64. <https://doi.org/10.37618/PARADIGMA.1011-2251.2018.p36-64.id700>
- Anasagasti-Aguirre, J., Berciano-Alcaraz, A. y Murillo-Ramón, J. (2022). Estadística por proyectos en el Grado de Educación Primaria: Un estudio de casos. *Enseñanza de las Ciencias*, 40(1), 125-142. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3235>
- Anasagasti, J., Berciano, A. e Izagirre, A. (2023). A comparison of the effects of different methodologies on the statistics learning profiles of prospective primary education teachers from a gender perspective. *Journal on Mathematics Education*, 14(4), 741-756. <http://doi.org/10.22342/jme.v14i4.pp741-756>
- Anasagasti, J., Izagirre, A. y Berciano, A. (2024a). Actitud hacia la probabilidad y su enseñanza del profesorado de Educación Secundaria, *Educación Matemática*, 36(3), 143-172, <https://doi.org/10.24844/EM3603.06>
- Anasagasti, J. Landa, J. y Berciano, A. (2024b). Educación estadística en proyectos STEAM: un estudio de casos. En N. Adamuz-Povedano, E. Fernández-Ahumada, N. Climent y C. Jiménez-Gestal (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXVII* (p. 551). SEIEM.

- Auzmendi, E. (1992). *Las actitudes hacia la matemática-estadística en las enseñanzas medias y universitarias*. Características y medición. Ediciones Mensajero.
- Batanero, C. y Borovcnik, M. (2016). *Statistics and Probability in High School*. Brill. <https://doi.org/10.1007/978-94-6300-624-8>
- Batanero, C. y Díaz, C. (2004). El papel de los proyectos en la enseñanza y aprendizaje de la estadística. En J. Patricio Royo (Ed.), *Aspectos didácticos de las matemáticas* (pp. 125-164). ICE.
- Batanero, C., Díaz, C., Contreras, J. M. y Roa, R. (2013). El sentido estadístico y su desarrollo. *Números*, 83, 7-18. [https://scpmpluisbalbuena.org/revista\\_numeros/083/](https://scpmpluisbalbuena.org/revista_numeros/083/)
- Berciano, A., Anasagasti, J., Landa, J. (2025, en prensa). Presence of mathematical processes in STEAM high school projects: A case study. En M. Bosch, G. Bolondi, S. Carreira, C. Spagnolo, y M. Gaidoschik (Eds.), *Proceedings of the Fourteenth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME14)*. Free University Bozen-Bolzano y ERME.
- Berciano, A., Anasagasti, J. y Zamalloa, T. (2021). Sentido estadístico en la formación de las y los estudiantes del Grado de Educación Infantil. Una aproximación desde un contexto de aprendizaje STEAM. *PNA*, 15(4), 289-309. <https://doi.org/10.30827/pna.v15i4.22510>
- Berciano, A., Uskola, A. y Zamalloa, T. (2024). Evaluation of Mathematical and Scientific Competences in Primary Education STEAM Projects in Spain: A Systematic Review. *Education Sciences*, 14(12), 1349. <https://doi.org/10.3390/educsci14121349>
- Berciano, A., Uskola, A. y Zamalloa, T. (en prensa). Evaluation of mathematical and scientific competences in Secondary Education STEAM Projects in Spain: A systematic review.
- Bogdan-Tomá, R. y García-Carmona, A. (2021). “De STEM nos gusta todo menos STEM”. Análisis crítico de una tendencia educativa de moda. *Enseñanza de las Ciencias*, 39(1), 65-80. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3093>
- Borovcnik, M. (2011). Strengthening the role of probability within statistics curricula. In C. Batanero, G. Burrill, y C. Reading (Eds.), *Teaching statistics in school mathematics. Challenges for teaching and teacher education: A Joint ICMI/IASE Study* (pp. 71–83). New York, NY: Springer.
- Dauphinee, T., Schau C. y Stevens, J. (1997). Survey of attitudes toward statistics: Factor structure and factorial invariance for women and men. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 4(2), 129-141. <https://doi.org/10.1080/10705519709540066>
- Diego-Mantecón, J-M., Ortiz-Laso, Z., Diamantidis, D. y Kynigos, C. (2022). Toward a STEAM professional development program to exploit school mathematics. *Twelfth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME12)* (pp. 4579-4580). Free University Bozen-Bolzano y ERME. <https://hal.science/hal-03745490v1>
- Diego-Mantecón, JM., Prodromou, T., Lavicza, Z., Blanco, T. y Ortiz-Laso, Z. (2021). An attempt to evaluate STEAM project-based instruction from a school mathematics perspective. *ZDM Mathematics Education*, 53, 1137–1148. <https://doi.org/10.1007/s11858-021-01303-9>
- Erbasan, E. y Çakıroğlu, E. (2022). Investigating middle school mathematics teachers’ views on innovative learning activities. *Twelfth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME12)* (pp. 4589-4596). Free University Bozen-Bolzano y ERME. <https://hal.science/hal-03745372>
- Estrada, A. y Batanero, C. (2015). Construcción de una escala de actitudes hacia la probabilidad y su enseñanza para profesores. En C. Fernández, M. Molina y N. Planas (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XIX* (pp. 239-247). SEIEM.
- Estrada, A. y Batanero, C. (2020). Prospective primary school teachers’ attitudes towards probability and its teaching. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 15(1), em0559. <https://doi.org/10.29333/iejme/5941>
- Estrada, A., Batanero, C. y Díaz, C. (2018). Exploring teachers’ attitudes towards probability and its teaching. En C. Batanero y E. Chernoff (Eds.), *Teaching and learning stochastics* (pp. 313-332). Springer.

- Estrada, A., Batanero, C. y Fortuny, J. M. (2004). Un estudio comparado de las actitudes hacia la estadística en profesores en formación y en ejercicio. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(2), 263-274. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3888>
- Estrada, A., Batanero, C. y Fortuny, J. M. (2017). Análisis de las actitudes y conocimientos estadísticos elementales en la formación del profesorado. *Tarbiya, Revista de investigación e innovación educativa*, 38, 79-90. <https://revistas.uam.es/tarbiya/article/view/7201>
- Estrada, A., Batanero, C. y Lancaster, S. (2011). Teacher's attitudes towards statistics. En C. Batanero, G. Burrill y C. Reading (Eds.), *Teaching statistics in school mathematics-challenges for teaching and teacher education: A Joint ICMI/IASE Study* (pp. 163- 174), <https://doi.org/10.1007/978-94-007-1131-0>
- Gal, I. (2005). Towards “probability literacy” for all citizens: Building blocks and instructional dilemmas. En G. A. Jones (Ed.), *Exploring probability in school* (pp. 39-63). Springer. [https://doi.org/10.1007/0-387-24530-8\\_3](https://doi.org/10.1007/0-387-24530-8_3)
- Gea, M. M., Batanero, C., Fernandes, J. A. y Arteaga, P. (2016). Interpretación de resúmenes estadísticos por futuros profesores de educación secundaria. *Redimat*, 5(2), 135-157. <https://doi.org/10.17583/redimat.2016.1902>
- Instituto Nacional de Estadística (INE). Día Mundial de la Estadística. [https://www.ine.es/diamundesta/diamundesta\\_inicio.htm](https://www.ine.es/diamundesta/diamundesta_inicio.htm) (accedido 13 de febrero de 2025).
- Izagirre, A., Anasagasti, J. y Berciano, A. (2025). Determinants of secondary school teachers' attitudes towards probability and its teaching. *Statistics Education Research Journal*, 24(2), 1-20. <https://doi.org/10.52041/serj.v24i2.751>
- Kelley, T. R. y Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3, 11. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Kurudirek, P. T. y Arslan, S. (2024). The relationship between students' variational and covariational reasoning levels and their quantitative reasoning in a STEM environment. *Thirteenth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME13)* (pp. 4721-4728). Alfréd Rényi Institute of Mathematics, Eötvös Loránd University of Budapest y ERME. <https://hal.science/hal-04420558v1>
- Lee, H., Mojica, G., Thrasher, E. y Baumgartner, P. (2022). Investigating data like a data scientist: Key practices and processes. *Statistics Education Research Journal*, 21(2), Article3. <https://doi.org/10.52041/serj.v21i2.41>
- Lorenzo Valentín, G. y Juan Verdoy, P. (2017). La Estadística en Educación Secundaria y Grados de Ciencias Sociales (Relaciones Laborales y Recursos Humanos y Gestión y Administración Pública). Necesidades, perfiles y realidades. *REDU. Revista de Docencia Universitaria*, 15(1), 105-125. <https://doi.org/10.4995/redu.2017.5988>
- Lupión-Cobos, T., Lagarón, D. C., Ariza, M. R. y Domènech-Casal, J. (2023). STEM Education in the Spanish Context: Key Features and Issues. En S. M. Al-Balushi, L. Martin-Hansen, e Y. Song (Eds.), *Reforming Science Teacher Education Programs in the STEM Era. Palgrave Studies on Leadership and Learning in Teacher Education* (pp. 181-198). Palgrave Macmillan. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-27334-6\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-031-27334-6_11)
- Mills, J. D. (2007). Teacher perceptions and attitudes about teaching Statistics in P-12. *Education. Educational Research Quarterly*, 30(4), 16-33.
- Ministerio de Educación, Formación Profesional y Deportes (sf). *Estrategia STEAM del Ministerio*. <https://www.educacionyfp.gov.es/mc/intercambia/mujeres-steam/estrategia-steam-mefp.html>
- Ministerio de Educación y Formación Profesional (MEFP) (2022). Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria. *Boletín Oficial del Estado*, 76, 41571-41789.
- National Council of Teachers of Mathematics [NCTM]. (2003). *Principios y estándares para la educación matemática*. Traducción de la Sociedad Andaluza de Educación Matemática Thales.

National Science Foundation [NSF]. <https://www.nsf.gov>

Oliveira, H., Henriques, A. y Baptista, M. (2019). Pre-service teachers' perspectives on the role of statistics in a learning scenario for promoting STEM integration. *Eleventh Congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (pp. 4783-4790). Utrecht University y ERME. <https://hal.science/hal-02410418v1>

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE] (2003). *Marcos teóricos de PISA 2003: la medida de los conocimientos y destrezas en matemáticas, lectura, ciencias y resolución de problemas*. OCDE. <https://www.educacionfpydeportes.gob.es/inee/dam/jcr:48372b5c-de62-4b50-b8a7-0e0a1c2c8cb4/marcoteoricopisa2003.pdf>

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE] (2022). *PISA 2021: Mathematics Framework (Draft)*. <https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/pisa-2021-mathematics-frameworkdraft.pdf>

Ortiz-Laso, Z., Diego-Mantecon, J-M., García-Fernández, S. y Sanz-Ruiz, M. (2024). Integrating mathematics and science in secondary education classrooms: numbers and algebra. En P. Drijvers, C. Csapodi, H. Palmér, K. Gosztonyi y E. Kónya (Eds.), *Thirteenth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME13)*. Alfréd Rényi Institute of Mathematics, Eötvös Loránd University of Budapest y ERME. <https://hal.science/hal-04420497>

Ortuzar-Iragorri, M.A., Seijas, N. y Berciano, A. (2024). Challenges, difficulties and strengths of a stem project in the first year of secondary education: teachers' perception, *ICERI2024 Proceedings* (p. 2753). <https://doi.org/10.21125/iceri.2024.0725>

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D. et al. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews, *BMJ*, 372(71). <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>

Persson, I., Kraus, K., Hansson, L. y Wallentin, F. Y. (2019). Confirming the structure of the survey of attitudes toward statistics (sats-36) by Swedish students. *Statistics Education Research Journal*, 18(1), 83-93. [https://iase-web.org/documents/SERJ/SERJ18\(1\)\\_Persson.pdf](https://iase-web.org/documents/SERJ/SERJ18(1)_Persson.pdf)

Roberts, D. M. y Bilderback, E. W. (1980). Reliability and validity of a statistics attitudes survey. *Educational and Psychological Measurement*, 40, 235-238.

Rodríguez-Santero, J. y Gil-Flores, J. (2019). Actitudes hacia la estadística en estudiantes de ciencias de la educación. Propiedades psicométricas de la versión española del Survey of Attitudes Toward Statistics (SATS-36). *Relieve*, 25(1), 1-17. <https://doi.org/10.7203/relieve.25.1.12676>

Ruz, F., Berciano Alcaraz, A., Martínez-Ortiz, F. y Contreras García, J. M. (2023). Perspectiva de género en actitudes hacia la probabilidad y su enseñanza en futuro profesorado chileno, *Revista Educação e Pesquisa*, 49, e254527, 1-23, <https://doi.org/10.1590/S1678-4634202349254527es>

Schau, C. (2003). *Survey of Attitudes Toward Statistics (SATS-36)*. Extraído de: <http://evaluationandstatistics.com>

Schau, C., Stevens, J., Dauphinee, T. L. y Del Vecchio, A. (1995). The development and validation of the Survey of Attitudes toward Statistics. *Educational and Psychological Measurement*, 55(5), 868-875.

Serradó, A., Azcárate, P. y Cardeñoso, J. M. (2006). Analyzing teacher resistance to teaching probability in compulsory education. En A. Rossman y B. Chance (Eds.), *Proceedings of the Seventh International Conference on Teaching Statistics* (pp.1-6). International Statistical Institute de Salvador de Bahía.

Sousa, D. A. y Pilecki, T. (2013). *From STEM to STEAM: Using brain-compatible strategies to integrate the arts*. Sage.

Sukunza-Pagola, M. y Berciano-Alcaraz, A. (2025). Explorando la actitud del profesorado de Educación Primaria hacia la probabilidad y su enseñanza: formación, antigüedad y género, en el foco de interés. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado [RIFOP]*, 100(39.1), 225-250. <https://doi.org/10.47553/rifop.v100i39.1.102574>

- Ubuz, B., Braber, N., Cascella, C. y Stephan, M. (2024). An introduction to TWG26: Mathematics in the context of STEM education. *Thirteenth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME13)* (pp. 4633-4638). Alfréd Rényi Institute of Mathematics, Eötvös Loránd University of Budapest y ERME. <https://hal.science/hal-04416795v1>
- Ubuz, B., Gravemeijer, K., Stephan, M. y Capraro, P. (2019). Introduction to TWG26: Mathematics in the context of STEM education. *Eleventh Congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (pp. 4713-4720). Utrecht University y ERME. <https://hal.science/hal-02410294v1>
- Ubuz, B., Stephan, M., Cascella, C. y den Braber, N. (2022). Introduction to the papers of TWG26: Mathematics in the context of STEM education. *Twelfth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME12)*, Feb 2022, (pp. 4536- 4542), Free University Bozen-Bolzano y ERME. <https://hal.science/hal-03808822v1>
- Vásquez, C. (2022). Caracterización de la estadística y la probabilidad en el currículo de educación infantil y primaria. En T. F. Blanco, C. Núñez-García, M. C. Cañadas y J. A. González-Calero (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXV* (pp. 579-587). SEIEM.
- Vásquez, C., Alvarado, H. y Ruz, F. (2019). Actitudes de futuras maestras de educación infantil hacia la estadística, la probabilidad y su enseñanza. *Educación Matemática*, 31(3), 177-202. <https://doi.org/10.24844/em3103.07>
- Veloo, A. y Chairhany, S. (2013). Fostering students' attitudes and achievement in probability using teams-games-tournaments. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 93, 59-64. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.09.152>
- Wild, C. J. y Pfannkuch, M. (1999). Statistical thinking in empirical enquiry (with discussion). *International Statistical Review*, 67(3), 223-265.
- Wise, S. L. (1985). The development and validation of a scale measuring attitudes toward statistics. *Educational and Psychological Measurement*, 45, 401-405