


Actitudes Hacia la Estadística y Razonamiento Estadístico de Profesores y Profesoras en Formación

Jaime Andrés Gaviria Bedoya ^{a,b}

Difariney González Gómez ^a

Mónica Marcela Parra-Zapata ^b

Jhony Alexander Villa-Ochoa ^b

^a Universidad de Antioquia, Facultad Nacional de Salud Pública, Medellín, Colombia

^b Universidad de Antioquia, Facultad de Educación, Medellín, Colombia

Recibido para publicación 13 jun. 2022. Aceptado tras revisión 4 sep. 2022

Editora designada: Claudia Lisete Oliveira Groenwald

RESUMEN

Antecedentes: Conocer las actitudes hacia la estadística y el razonamiento estadístico de los profesores en formación ha sido un tema de interés en la investigación en educación estadística porque revelan características afectivas y cognitivas que hacen parte del proceso de enseñanza y aprendizaje de la estadística. **Objetivos:** Describir las actitudes hacia la estadística y el razonamiento estadístico acerca de las medidas descriptivas y la probabilidad de los futuros profesores de educación infantil en el marco de un curso de su plan de estudios. **Diseño:** Estudio de caso con datos y análisis cuantitativos. **Instrumentos y participantes:** Se aplicó la Escala para Evaluar las Actitudes hacia la Estadística (EAEE) y el instrumento Statistical Reasoning Assessment (SRA) al inicio y al final del curso. La muestra estuvo conformada por 18 futuros profesores de un programa de Educación Infantil de una universidad oficial de Colombia. **Recolección y análisis de datos:** Para las puntuaciones totales en las dos aplicaciones de la EAEE y el SRA se obtuvieron medidas descriptivas, se realizaron análisis bivariados y se aplicaron métodos no paramétricos como la prueba de Wilcoxon. **Resultados:** Se encontró diferencia estadística en las actitudes hacia la estadística entre el pre-test y el post-test. No se encontraron diferencias estadísticas entre las puntuaciones del razonamiento estadístico. **Conclusiones:** Los futuros profesores presentaron una valoración positiva de la utilidad de la estadística y del papel de la estadística en el ámbito sociocultural y mostraron razonamientos erróneos principalmente acerca de la probabilidad.

Palabras clave: educación estadística; razonamiento estadístico; actitudes hacia la estadística; profesores en formación; educación infantil.

Autor correspondiente: Jaime Andrés Gaviria Bedoya. E-mail:
jaime.gaviria@udea.edu.co

Atitudes em relação às estatísticas e ao raciocínio estatístico nos professores estagiários

RESUMO

Antecedentes: A compreensão das atitudes relativamente às estatísticas e ao raciocínio estatístico dos professores estagiários tem sido um tema de interesse na investigação da educação estatística porque estes aspectos revelam características afetivas e cognitivas que fazem parte do processo de ensino e aprendizagem da estatística. **Objetivos:** Descrever as atitudes em relação à estatística e ao raciocínio estatístico, sobre medidas descritivas e probabilidade, dos futuros professores de educação infantil no quadro de um curso do seu currículo. **Desenho:** Estudo de caso com dados quantitativos e análise. Instrumentos e participantes: A Escala de Avaliação das Atitudes Estatísticas (EAEE) e a Avaliação de Raciocínio Estatístico (SRA) foram administradas no início e no fim do curso. A amostra consistiu em 18 futuros professores de um programa de Educação Infantil numa universidade oficial na Colômbia. **Recolha e análise de dados:** Para as pontuações totais nas duas aplicações do EAEE e do SRA, foram obtidas medidas descritivas, foram realizadas análises bivariadas e aplicados métodos não paramétricos como o teste Wilcoxon. **Resultados:** Foram encontradas diferenças estatísticas nas atitudes em relação à estatística entre o pré-teste e o pós-teste. Não foi encontrada qualquer diferença estatística entre as pontuações de raciocínio estatístico. **Conclusões:** Os futuros professores apresentaram uma avaliação positiva da utilidade das estatísticas e do papel das estatísticas no domínio sociocultural e demonstraram um raciocínio erróneo principalmente sobre a probabilidade.

Palavras-chave: educação estatística; raciocínio estatístico; atitudes em relação às estatísticas; professores estagiários; educação infantil.

INTRODUCCIÓN

A nivel global, la democratización de la estadística ha ampliado y diversificado la formación, los intereses y las motivaciones de quienes la cursan. La estadística ya no está reservada a los futuros científicos, en cambio, se imparte a estudiantes de diferentes niveles escolares, con intereses y objetivos muy diversos (Carver et al., 2016). La incorporación de la enseñanza de la estadística en el currículo escolar de diversos países confirma la creciente demanda de la formación en estadística y su inclusión en los currículos en todos los niveles escolares (Estrada et al., 2013; González-Gómez, 2014; Lopes, 2008; Ministerio de Educación Nacional (MEN), 1998; Zieffler et al., 2018).

La investigación en el campo de la formación de profesores en estadística en los últimos años ha sido objeto de interés por un número creciente de investigadores en el área (Estrada et al., 2004; González-Gómez, 2014;

Groth y Meletiou-Mavrotheris, 2018). Puesto que la investigación se está enfocando en el conocimiento estadístico de los profesores en formación y en servicio, se requiere más atención a algunos aspectos del conocimiento didáctico-estocástico, entre ellos, aspectos afectivos como las actitudes hacia la estadística (Batanero, 2019).

Un componente relevante en la práctica docente es la actitud del profesor hacia la estadística porque es un factor que puede influenciar el aprendizaje, el comportamiento estadístico dentro y fuera del aula, y la disposición para asistir a cursos de estadística en el futuro (Estrada et al., 2011). Además, una actitud negativa hacia la estadística por parte de los profesores se puede reflejar en inseguridad en la enseñanza de la estadística o disgusto por esta (Ruz et al., 2020) y podría, a su vez, influenciar las actitudes de los estudiantes, creando así un círculo vicioso (Estrada, 2002).

Debido a la escasa literatura sobre las actitudes de los profesores hacia la estadística y su enseñanza (Estrada et al., 2011; Groth y Meletiou-Mavrotheris, 2018; Ruz et al., 2020), la investigación referente a las actitudes hacia la estadística de profesores en formación en educación infantil es limitada (León-Montero et al., 2018; Lopes, 2008). Lo anterior refleja un reto en cuanto a identificar cuáles son las actitudes hacia la estadística de los futuros profesores de educación infantil.

Por otro lado, conocer cómo son los aspectos cognitivos de los profesores en formación es importante porque, como lo plantean Groth y Meletiou-Mavrotheris (2018), las características cognitivas están relacionadas con factores afectivos como las actitudes y creencias acerca de la enseñanza de la estadística. En particular, la formación de los profesores que enseñan estadística requiere experiencias y herramientas diferentes a las utilizadas para formar a los profesores que enseñan matemáticas (Garfield et al., 2008). En este sentido, una enseñanza de la estadística fundamentada en entender los algoritmos matemáticos y las técnicas estadísticas resulta insuficiente (González-Gómez, 2014); es por ello que se hace necesario una formación en estadística que le permita a los profesores utilizar el razonamiento estadístico en su ejercicio profesional (Bargagliotti et al., 2020; Batanero, 2019; Franklin et al., 2007; Garfield, 2002).

Algunos estudios han evidenciado que los futuros profesores, tanto en educación elemental como secundaria, carecen del razonamiento estadístico necesario para determinar cuándo y por qué usar conceptos estadísticos como la media, la mediana o la varianza (Karatoprak et al., 2015). Por ello es esencial involucrarlos durante su proceso de formación en actividades que proporcionen

oportunidades para promover el razonamiento estadístico (Henriques et al., 2019).

De acuerdo con Estrada et al. (2004), “la estadística es una materia frecuentemente olvidada por el profesor en la enseñanza obligatoria, a pesar de su reconocida utilidad y de figurar en las directrices curriculares” (p. 264). Los profesores en formación y en ejercicio pueden tener una comprensión difusa acerca de la estadística o ser inconscientes sobre los aspectos de la vida en los que esta se puede utilizar (Estrada et al., 2011). Lo anterior puede deberse a la escasa formación en estadística con la que terminan sus estudios, lo que impacta de forma negativa la práctica docente, así como las actitudes hacia la estadística de los profesores en formación y en ejercicio (González-Gómez y Zapata-Cardona, 2018). Por lo anterior, el objetivo de esta investigación es describir las actitudes hacia la estadística y el razonamiento estadístico acerca de las medidas descriptivas y la probabilidad de los futuros profesores de educación infantil en el marco de un curso de su plan de estudios.

Preguntas de investigación:

¿Cuáles son las actitudes hacia la estadística de los futuros profesores de educación infantil?

¿Cómo es el razonamiento estadístico acerca de las medidas descriptivas y probabilidad de los futuros profesores de educación infantil?

El presente artículo está organizado en cuatro secciones. En la primera se presenta el marco teórico en el que se fundamentan el razonamiento estadístico y la actitud hacia la estadística. Luego, se presenta la metodología en la que se incluye el diseño de las clases, las actividades, procedimientos y métodos estadísticos implementados. En los resultados se presentan los análisis de los dos instrumentos de medida utilizados y se comparan las puntuaciones obtenidas por los participantes entre los dos momentos de aplicación. Finalmente, la discusión y conclusiones presentan los principales hallazgos en diálogo con la literatura, se comparten las limitaciones del estudio y se brindan algunas recomendaciones para investigaciones futuras.

MARCO TEÓRICO

El marco que sustenta este estudio se establece a partir de investigaciones anteriores sobre las actitudes hacia la estadística y el razonamiento estadístico.

Actitudes hacia la estadística

La literatura ha demostrado la importancia que tiene la actitud de los estudiantes hacia la estadística, especialmente la de aquellos estudiantes de nivel universitario que se especializan dentro de las disciplinas en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM) (Gundlach et al., 2015). Sin embargo, estudiantes de otras disciplinas, entre ellas las ciencias sociales, pueden no tener una actitud positiva hacia la estadística y sentir ansiedad frente a este tipo de cursos, lo cual puede afectar negativamente su desempeño académico (Dempster & McCorry, 2009; Tishkovskaya & Lancaster, 2012).

La actitud hacia la estadística forma parte de un constructo psicológico que puede usarse para comprender y predecir las reacciones de un individuo y cómo su comportamiento puede ser influenciado (Estrada et al., 2011). Diferentes estudios indican que la actitud es un constructo multidimensional y que está conformada tanto por componentes pedagógicos que incluyen el afectivo, el cognitivo y de comportamiento; como por componentes antropológicos que incluyen el social, el educativo y el instrumental (Estrada, 2002; Groth & Meletiou-Mavrotheris, 2018; León-Montero et al., 2018).

Una comprensión generalmente compartida por la comunidad académica internacional es que la actitud hacia la estadística es una tendencia psicológica que surge a lo largo del tiempo como consecuencia de las emociones y sentimientos experimentados en el contexto del aprendizaje de las matemáticas y la estadística (Márquez, 2004). En consecuencia, y siguiendo a Estrada et al. (2004), en esta investigación se comprende la actitud hacia la estadística como el conjunto de emociones y sentimientos experimentados durante el periodo de aprendizaje de la estadística y la probabilidad.

Uno de los instrumentos para medir la actitud hacia la estadística es la Escala de Actitudes hacia la Estadística -EAEE- (Estrada, 2002). Esta escala se ha utilizado ampliamente en investigaciones relacionadas con factores no cognitivos en profesores en activo y en perspectiva y ha demostrado consistentemente propiedades psicométricas aceptables (Estrada et al., 2004, 2013). Siguiendo una visión multidimensional de las actitudes hacia la

estadística, la EAEE considera los dominios y componentes (Estrada et al., 2013):

1. Componentes pedagógicos:
 - 1.1. Cognitivos: Se refiere a las concepciones y creencias sobre la estadística.
 - 1.2. Afectivo o emocional: Incluye emociones y sentimientos que despierta la estadística, y por tanto son más subjetivos.
 - 1.3. Conductual o tendencial: Representa la tendencia a actuar o tener una intención determinada, por ejemplo, cómo y cuándo se utilizaría la intención estadística de una manera determinada.
2. Componentes antropológicos:
 - 2.1. Social: Relacionado con la percepción y valoración del papel de la estadística en el entorno sociocultural de cualquier ciudadano.
 - 2.2. Educativo: Vinculado al interés hacia la estadística y su aprendizaje, la visión de su utilidad para el estudiante, su opinión sobre si debe incluirse en el currículo y la dificultad percibida.
 - 2.3. Instrumental: La utilidad para otras materias, como forma de razonamiento y como componente cultural.

La estructura anterior de la EAEE se alinea con 25 enunciados: 14 realizados de forma positiva y 11 de forma negativa. Los enunciados tienen una escala de valoración de 1 a 5 puntos. Para las preguntas positivas, la puntuación de 5 corresponde a "Muy de acuerdo" y la de 1 a "Muy en desacuerdo". Lo contrario ocurre con las preguntas negativas, la puntuación de 5 corresponde a "Totalmente en desacuerdo" y 1 a "Totalmente de acuerdo". Según Estrada (2002), esto se debe a que para calcular la puntuación total del instrumento, todas las preguntas deben estar en la misma dirección, de tal manera que una puntuación total corresponde a una actitud positiva hacia la estadística.

En cuanto a la validez y confiabilidad de la EAEE, Estrada (2002) reportó que la validez de contenido de la escala dio un cambio de la versión de 36 ítems a la versión final de 25 ítems, con un 75% de acuerdo entre los jueces y la consistencia interna de la escala $\alpha=0.7741$ con una muestra de 140 profesores (74 en formación y 66 en servicio).

En particular, Pérez et al., (2015) implementaron y validaron la EAEE con una muestra de 545 estudiantes universitarios de Colombia al inicio de su

primer semestre académico. Los estudiantes pertenecían a nueve programas de las escuelas profesionales de Ciencias Exactas e Ingeniería, Ciencias Económicas y la Escuela Internacional de Administración y Mercadeo Profesional. Los autores encontraron que los estudiantes reconocen la importancia de la estadística, tanto en el mundo académico como en la vida cotidiana; sin embargo, tienen desconfianza en relación con el uso, las habilidades requeridas y el gusto por la disciplina que cursan. Estos autores estimaron la fiabilidad de cada ítem de la escala mediante un coeficiente de Cronbach de $\alpha > 0.8$, lo que indica que la escala puede considerarse adecuada.

La EAEE se ha aplicado en estudios anteriores relacionados con futuros profesores. Por ejemplo, León-Montero et al. (2018) aplicaron la escala a una muestra aleatoria de 105 futuros maestros de educación infantil de una universidad en España. Encontraron que los futuros maestros valoran positivamente la estadística, considerándola útil para su formación y para el futuro de su práctica profesional. Sin embargo, los autores encontraron que a los estudiantes no les gusta la estadística y evitan utilizarla fuera del aula.

El Razonamiento estadístico

El razonamiento estadístico es considerado uno de los resultados cognitivos importantes en la formación de los estudiantes que realizan cursos de estadística (Andrade et al., 2017; Ben-Zvi et al., 2018; Carver et al., 2016; Garfield & Ben-Zvi, 2004). Este razonamiento es esencial porque las personas pueden desarrollar procesos de razonamiento abstracto e identificar patrones para realizar inferencias y obtener conclusiones más allá de lo que revelan los datos (delMas, 2004).

Una de las comprensiones comúnmente encontradas en la investigación y que se adopta en este trabajo es definir el razonamiento estadístico como la forma en que razonan las personas con ideas estadísticas y dan sentido a la información estadística, lo que implica hacer interpretaciones basadas en conjuntos de datos, representaciones o resúmenes estadísticos de datos (Garfield, 2003). Desde esta perspectiva, el razonamiento estadístico vincula la variabilidad, la incertidumbre y el contexto para realizar interpretaciones plausibles y que tengan sentido con los datos (Ben-Zvi, 2018; delMas, 2004; Moore, 1998; Pfannkuch & Wild, 1999).

En cuanto a los estudios sobre el razonamiento estadístico de los estudiantes, en la investigación en educación estadística es importante y necesario contar con instrumentos validados que den cuenta del razonamiento

estadístico de los estudiantes en los diferentes niveles escolares. Desde un enfoque cuantitativo, los estudios sobre el razonamiento estadístico de los estudiantes han hecho uso, en general, de instrumentos de evaluación como pruebas objetivas con preguntas de opción múltiple (Zieffler et al., 2008).

Uno de los instrumentos reconocidos para la medición del razonamiento estadístico es el Statistical Reasoning Assessment -SRA (Garfield, 1991). El SRA tiene por objetivo evaluar el razonamiento estadístico acerca de una muestra de conceptos estadísticos en estudiantes de un curso introductorio de estadística de secundaria o de primer año universitario y fue creado ante la necesidad de evaluar el desarrollo de un currículo de estadística basado en tecnología (Garfield, 1991). El SRA es uno de los primeros en evaluar el razonamiento estadístico y, aunque se ha aplicado principalmente en países de habla inglesa, debido al creciente interés de la comunidad internacional; también ha sido traducido y adaptado a otros idiomas como el español y el francés (Liu & Garfield, 2002).

El SRA consta de 20 preguntas de opción múltiple, con única o múltiple respuesta y evalúa el razonamiento acerca de los datos, razonamiento acerca de la representación de los datos, razonamiento acerca de las medidas de centro, variabilidad y posición, razonamiento acerca de la incertidumbre, razonamiento acerca de las muestras y razonamiento acerca de la asociación (Garfield, 2003). Además, el instrumento está fundamentado teóricamente en dos tipos de razonamiento estadístico: correcto y erróneo, reportados por investigadores desde la psicología (Tversky & Kahneman, 1982) y desde la educación estadística (Garfield, 2003) durante las décadas de los setenta y ochenta (Lovett, 2001). Además, cada tipo de razonamiento consta de ocho escalas (Tabla 1).

Así por ejemplo, en cuanto al razonamiento estadístico erróneo, el SRA se fundamenta en las investigaciones realizadas por Tversky & Kahneman, (1982), quienes revelaron algunas formas de pensamiento inconsistentes acerca de ciertos conceptos e ideas estadísticas. Estas investigaciones sugieren que inclusive personas que pueden calcular probabilidades correctamente tienden a aplicar razonamientos erróneos cuando tienen que realizar inferencias o juicios acerca de un evento sujeto a incertidumbre.

Tabla 1

Escalas de razonamiento estadístico correcto e incorrecto del SRA. (adaptado de Garfield, 2003, p. 27)

Tipo de razonamiento	Escalas
Razonamiento estadístico correcto	1. Interpreta correctamente probabilidades
	2. Comprende cómo seleccionar apropiadamente un promedio
	3. Calcula correctamente probabilidades
	4. Comprende la independencia
	5. Comprende la variabilidad muestral
	6. Distingue entre correlación y causalidad
	7. Interpreta correctamente tablas de 2x2
	8. Comprende la importancia de muestras grandes
Razonamiento estadístico erróneo	1. Conceptos erróneos que involucran promedios
	2. Tendencia a los resultados
	3. Las buenas muestras tienen que representar un alto porcentaje de la población
	4. La ley de los pequeños números
	5. Ideas erróneas sobre la representatividad
	6. Correlación implica causalidad
	7. El sesgo de equiprobabilidad
	8. Los grupos sólo se pueden comparar si tienen el mismo tamaño de muestra.

En relación a la validez y fiabilidad del SRA, Garfield (2003) informa de la validez del contenido con el acuerdo entre un grupo de expertos; la validez

relacionada con el criterio, las correlaciones entre las puntuaciones del SRA y los diferentes resultados del curso, fue baja; finalmente, la fiabilidad del SRA se estimó mediante el test-retest aplicado a una muestra de 32 profesores en formación con un intervalo de tiempo de una semana. Se informa que el análisis de fiabilidad dio una correlación de 0.70 para las puntuaciones totales de razonamiento estadístico correcto y de 0.75 para el razonamiento erróneo. La traducción y validación del SRA al idioma español fue realizada con una muestra de 113 profesores en formación de una universidad en España. Estimaron una consistencia interna de $\alpha=0.70$ (Estrada, 2002).

METODOLOGÍA

Participantes y contexto del estudio

Este trabajo resume los resultados de una investigación con un grupo de 18 aspirantes a docentes de la Licenciatura en Educación Infantil de una universidad pública de Medellín-Colombia en 2019. En el grupo predominaron las mujeres, el promedio de edad fue de 23.3 años (desviación estándar 4.8 años), el 53% estaba en quinto semestre, el 66% solo había visto un curso de estadística y la mayoría estudió en un colegio público (88.9%).

La investigación se desarrolló dentro del curso Pensamiento Matemático, un curso obligatorio del programa académico y que se desarrolló durante el segundo semestre de 2019. El curso constó de 64 horas distribuidas en sesiones de cuatro horas semanales y se dividió en tres módulos: pensamiento aleatorio, numérico y variacional. El módulo de pensamiento aleatorio, alrededor de un tercio de la intensidad del curso, se concentró en el desarrollo de temas de estadística y probabilidad. Los investigadores, en acuerdo con el docente a cargo del curso, planificaron el diseño del módulo pensamiento aleatorio, con un conjunto de tareas y talleres para promover el razonamiento estadístico en los docentes en formación.

En el diseño del módulo de pensamiento aleatorio se consideraron estrategias reportadas en la literatura para promover el razonamiento estadístico, tales como: el trabajo con datos reales en contexto, la lectura crítica de artículos y el uso de la tecnología para el análisis de datos (Carver et al., 2016). Las actividades de aprendizaje en el aula se implementaron de acuerdo con los Lineamientos para la Evaluación e Instrucción en Educación Estadística – GAISE–, por sus siglas en inglés (Carver et al., 2016) y el Ambiente de Aprendizaje para el Razonamiento Estadístico –SRLE–, por sus siglas en inglés

(Garfield et al., 2008). Las actividades implementadas se describen a continuación.

Se programaron cinco sesiones de clase de cuatro horas durante el módulo. Cada sesión se dividió en tres momentos: 1) lectura introductoria relacionada con los fundamentos de la estadística descriptiva o la probabilidad; 2) desarrollo del tema a través de actividades con el apoyo de materiales como cuadrículas de papel, marcadores, recortes de prensa y revistas, entre otros; y 3) resumen de los principales aspectos de la sesión. El énfasis de las actividades desarrolladas en el aula fue promover el razonamiento estadístico sobre las medidas descriptivas y la probabilidad, para lo cual se animó a los profesores en formación a utilizar datos reales, así como a comprender e interpretar los resultados en su contexto. El cronograma de las sesiones desarrolladas durante el módulo fue el siguiente:

1. Introducción general de la investigación y aplicación del pre-test de los dos instrumentos utilizados para analizar las actitudes hacia la estadística y el razonamiento estadístico.
2. Socialización de la experiencia en torno al diligenciamiento de los dos instrumentos con los futuros profesores y lecturas introductorias sobre el pensamiento aleatorio en la educación infantil estadística.
3. Estudio de las principales medidas de resumen y los gráficos estadísticos indicando cómo obtenerlos en Microsoft Excel y la interpretación de los resultados según los contextos. Análisis de las ventajas e inconvenientes de utilizar una u otra medida en cada contexto específico.
4. Desarrollo de actividades desarrolladas en clase para promover el razonamiento estadístico, como por ejemplo comprender la existencia de diferentes formas de recoger información de las encuestas o los principales aspectos de la probabilidad a través de un experimento de simulación.
5. Aplicación del post-test de instrumentos referidos a la actitud hacia la estadística y el razonamiento estadístico; y desarrollo una actividad de análisis de algunos mapas conceptuales sobre las principales medidas descriptivas observadas en las sesiones anteriores.

Procedimientos e instrumentos

En esta investigación se realizó un estudio de caso con datos y análisis cuantitativos (Gillham, 2000). La muestra fue no probabilística debido a las características regulares del curso, que oscila entre 10 y 25 estudiante matriculados (Creswell, 2014; Szklo & Nieto, 2003) y estuvo conformada por 18 futuros profesores de un programa de Educación Infantil en una universidad pública de Medellín, Colombia.

Se realizó un diseño cuasi-experimental tipo pre-test / pos-test con un solo grupo con el fin de proporcionar información cuantitativa sobre las actitudes hacia la estadística y el razonamiento estadístico de los futuros profesores (Figura 1). Este tipo de estudios es útil cuando el grupo ya está conformado y permite la generalización de resultados a la población objeto de estudio mediante muestras pequeñas (Creswell, 2014). La variable independiente consiste en la intervención educativa dada mediante el diseño del módulo de pensamiento aleatorio y las variables dependientes son dos: la actitud hacia la estadística y el razonamiento estadístico.

Figura 1

Esquema del diseño cuasi- experimental con pre-test/ post-test.



Nota. Notación utilizada en el esquema: G representa el grupo único, X el tratamiento (intervención educativa), 01 el pre-test y 02 el post-test para los instrumentos EAEE y SRA.

Con el fin de proporcionar información cuantitativa sobre las variables dependientes se aplicaron dos instrumentos al inicio y al final del módulo pensamiento aleatorio: la EAEE de Estrada (2002) para la actitud hacia la estadística y el SRA (Garfield, 2002, 2003) para el razonamiento estadístico de los profesores en formación. Los profesores en formación auto diligenciaron de forma anónima los dos instrumentos y firmaron el consentimiento informado, en el cual se informaba que su participación en el estudio era voluntaria y que

los resultados obtenidos se usarían con fines académicos. Para respetar el anonimato, a cada uno se le asignó un código que permitiera establecer el emparejamiento de las mediciones de los dos instrumentos al inicio y al final del curso. Los resultados de ambos instrumentos se tabularon y organizaron en un archivo de Microsoft Excel.¹

Se calcularon las puntuaciones totales de ambos instrumentos en cada aplicación. La puntuación total de la EAEE corresponde al resultado de sumar los puntajes de cada enunciado y representa la actitud hacia la estadística de los estudiantes encuestados. La puntuación menor que se puede obtener es 25 y la calificación mayor es 125, siendo 75 el puntaje medio o “de indiferencia” (Estrada, 2002). Con los resultados de la EAEE se realizaron dos análisis, uno por enunciados y otro para las puntuaciones totales en cada aplicación.

En cuanto a la puntuación del SRA se obtuvo una puntuación total para cada tipo de razonamiento, con una puntuación máxima de 21 puntos para el razonamiento correcto y de 32 para el razonamiento erróneo (Garfield, 2002, 2003). Con las puntuaciones totales se realizó un análisis del porcentaje de respuestas correctas e incorrectas por grupos de preguntas de acuerdo con las escalas de cada tipo de razonamiento.

En el análisis descriptivo se obtuvieron la media, mediana y desviación estándar de las puntuaciones totales de ambos instrumentos en el pre-test y el post-test. También se realizaron análisis bivariados entre las puntuaciones totales en cada aplicación y variables sociodemográficas como la edad, mediante la correlación de Spearman. En el análisis de inferencia estadística se utilizaron métodos no paramétricos dado que las variables dependientes no siguieron una distribución normal. Además, debido a que la estructura de los datos corresponde a muestras pareadas, se implementó la prueba no paramétrica de Wilcoxon de dos colas. Con el fin de determinar si hubo diferencia estadística entre los rangos de las puntuaciones totales de cada variable dependiente entre el pre-test y el post-test, se obtuvo el valor p de la prueba y

¹ No se realizó una evaluación ética previa puesto que los resultados de este estudio son derivados de un proyecto de innovación didáctica, el cual no requirió el aval de un comité de ética. El proyecto sí fue revisado por un comité técnico para su aprobación. Por lo tanto, los autores eximimos explícitamente a Acta Scientiae de las consecuencias derivadas de esta investigación, incluida la asistencia integral y eventual compensación por cualquier daño resultante de cualquiera de los participantes.

su respectivo intervalo de confianza. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el software estadístico R (versión 4.1.3).

RESULTADOS Y ANÁLISIS

Los resultados fueron organizados en las siguientes secciones: análisis de las actitudes hacia la estadística de los profesores en formación y análisis del razonamiento estadístico de los profesores en formación.

Análisis de las actitudes hacia la estadística de los profesores en formación

Se obtuvo la media y la desviación estándar para cada uno de los 25 enunciados de la EAEE (Tabla 2). Se encontró que las siguientes preguntas obtuvieron una puntuación promedio mayor o igual a cuatro, tanto en el pre-test como en el post-test: 2. La estadística ayuda a entender el mundo de hoy, 6. En la carrera que estudio no se debería de enseñar estadística, 19. La estadística solo sirve para la gente de ciencias, 21. La estadística no sirve para nada y 23. Si pudiera eliminar alguna materia sería la estadística. Todas estas preguntas corresponden al componente pedagógico cognitivo, con excepción de la pregunta 23. En conjunto, estos resultados muestran que, en las dos aplicaciones de la EAEE, los profesores en formación tienen una valoración positiva de la utilidad de la estadística y una buena percepción y valoración del papel de la estadística en el ámbito sociocultural.

Las preguntas con las medias más bajas (menores a 3) en el pre-test fueron: 1, 3 y 8. La pregunta 1. Me molesta la información estadística que aparece en algunos programas de T.V, pertenece a los componentes afectivo-social; la pregunta 3. A través de la estadística se puede manipular la realidad, al componente cognitivo-instrumental y la 8. Los problemas de estadística me resultan fáciles, al componente comportamental educativo (Estrada, 2002). Las cuestiones 1 y 8 muestran que, al inicio del módulo pensamiento aleatorio, a los profesores en formación en general les incomoda la forma como se presenta la información estadística en los medios de comunicación y consideran utilizar poco la estadística fuera de la universidad.

Con respecto a la puntuación en la pregunta 3. A través de la estadística se puede manipular la realidad, fue la única en tener una puntuación media menor a tres en las dos aplicaciones del instrumento ($\bar{x}_{pre}=2.4$; $\bar{x}_{post} = 2.6$).

Esta pregunta se refiere a la imagen que tienen los estudiantes acerca de la estadística. Los resultados sugieren que los futuros profesores tienen una cierta desconfianza en cuanto a la utilidad de la estadística en otros ámbitos, pues consideran que los resultados estadísticos son fácilmente manipulables. Estos resultados son consistentes con los obtenidos por Estrada et al. (2004) y León-Montero et al. (2018) en los que se encontró que los futuros profesores sienten desconfianza respecto a los resultados estadísticos publicados en los medios de comunicación o de divulgación. Autores como (Pérez et al., 2015) señalan como problemática la pregunta 3 porque al aplicar la EAEE a una muestra de 350 estudiantes universitarios de una universidad en Colombia, encontraron que esta pregunta obtuvo una de las puntuaciones medias más bajas de todas y su correlación con las demás preguntas del instrumento también fue una de las más bajas.

Tabla 2

Estadísticos descriptivos para las preguntas de la EAEE.

Ítem	Pre-test		Post-test	
	\bar{X}	SD	\bar{X}	SD
1	2.9	0.9	3.3	0.8
2	4.4	0.6	4.6	0.5
3	2.4	1.2	2.6	1.5
4	4.1	0.7	3.9	1.1
5	3.1	1.3	3.8	0.9
6	4.6	0.5	4.2	1.3
7	3.6	1.0	3.8	0.6
8	3.0	1.0	3.8	0.8
9	3.2	0.8	3.9	0.8
10	3.7	0.9	3.8	0.7
11	3.8	0.8	3.9	0.9
12	3.7	0.7	4.0	0.6
13	3.2	0.9	3.7	0.7
14	2.8	0.9	3.5	0.9
15	4.0	1.0	4.1	0.9
16	3.6	0.7	3.8	0.7
17	3.2	0.8	3.7	0.8

18	4.2	1.3	3.8	1.0
19	4.8	0.4	4.8	0.5
20	3.2	0.5	3.5	0.7
21	4.8	0.9	4.7	0.6
22	3.1	1.0	3.8	0.7
23	4.3	0.8	4.3	1.0
24	3.7	0.7	4.1	0.7
25	3.5	1.0	3.8	1.0

Nota. \bar{X} denota la media aritmética y SD la desviación estándar.

En cuanto al análisis global de la actitud hacia la estadística, con el fin de determinar si hubo diferencia estadística entre el pre-test y el post-test, se compararon las puntuaciones totales de la actitud frente a la estadística al inicio y al final del curso y se calculó el tamaño de efecto y su intervalo de confianza mediante el estadístico de Hedges (Tabla 3). Estos resultados muestran que se presentó un incremento en la puntuación promedio de la EAEE de casi diez puntos. Además, el tamaño del efecto obtenido puede considerarse medio, de donde se concluye que las puntuaciones medias de actitud hacia la estadística entre el pre y el post-test tienen una diferencia estandarizada de 0.6 unidades y el signo negativo indica que el promedio obtenido en el pre-test es menor que el obtenido en el post-test; esto evidencia una mejoría en la actitud hacia la estadística después de finalizar el módulo de pensamiento aleatorio.

Tabla 3

Descriptivos y tamaño del efecto para las puntuaciones totales de la EAEE.

	\bar{X} (SD)	g	IC 95%
Pretest	89.6 (10.3)	-0.624	(-0.895,-0.352)
Post-test	97.5 (11.8)		

Nota. \bar{X} denota la media aritmética, SD la desviación estándar y g el tamaño del efecto estimado mediante el estadístico de Hedges.

Tabla 4

Prueba no paramétrica de Wilcoxon para las puntuaciones totales de la EAEE.

	Mdn	V	IC 95%
Pretest	91.5	1*	(-11.5,-5)
Post-test	100		

* $p < 0.01$, Mdn denota la mediana, V el estadístico de prueba de la prueba de Wilcoxon.

De forma complementaria, la puntuación mediana entre el pre-test fue de 91,5 puntos, en comparación con la del post-test que fue de 100 puntos. Mediante la prueba no paramétrica de Wilcoxon de dos colas se encontró diferencia estadística entre las puntuaciones totales en el pre-test y el post-test (Tabla 4). Estos resultados sugieren un incremento en la actitud hacia la estadística entre el pre-test y el post-test, aunque no puede afirmarse que estas mejoras se deban al rediseño del módulo debido al tipo de estudio implementado.

La fiabilidad de la EAEE se estimó mediante el método test-retest con la correlación de Spearman de las puntuaciones totales entre el pre-test y el post-test, $r_s = 0.537$, IC 95% [0.075, .809]. Estos resultados muestran un grado moderado de estabilidad en el tiempo en las puntuaciones de actitud hacia la estadística. Además, se encontró correlación estadísticamente significativa entre la puntuación total del instrumento EAEE en el post-test y la edad de los participantes ($r=0.55$ de Spearman, $p=0.022$, IC 95% [0.093, 0.815]). La correlación obtenida es moderada e indica cierta tendencia a que los futuros profesores más adultos sean los que obtengan puntajes globales más altos de actitud hacia la estadística.

Análisis del razonamiento estadístico de los profesores en formación

Para cada una de las 20 preguntas del SRA se calculó el número de participantes que respondieron correcta e incorrectamente y se obtuvo el porcentaje de respuestas correspondiente. Luego, se agruparon los porcentajes

de las preguntas de acuerdo con las cuatro temáticas que se muestran en la Tabla 5 y se calculó el porcentaje promedio para cada temática.

En el razonamiento acerca de la estadística descriptiva y la probabilidad, los participantes tuvieron un mayor porcentaje de respuestas correctas en ambas aplicaciones del instrumento, mientras que el menor porcentaje fue en el razonamiento acerca de las muestras y el razonamiento sobre asociación entre variables. Además, el porcentaje promedio en la escala de razonamiento estadístico correcto sobre las probabilidades disminuyó levemente al pasar de 51.1% en el pre-test a 47.6% en el post-test. En cuanto a la escala de razonamiento estadístico incorrecto, hubo una disminución en tres de las cuatro temáticas; el razonamiento acerca de la probabilidad fue el único en aumentar.

Tabla 5

Porcentaje promedio de respuestas correctas e incorrectas por temática en el instrumento SRA.

Temática	Pre-test		Post-test	
	% Promedio respuestas correctas	% Promedio respuestas incorrectas	% Promedio respuestas correctas	% Promedio respuestas incorrectas
Estadística descriptiva	53.7	50	58.8	35.3
Probabilidad	51.1	40.1	47.6	43.1
Muestras	26.4	41.1	30.6	37.6
Asociación	41.7	72.2	44.1	52.9

Con los resultados del instrumento SRA también se obtuvieron las puntuaciones promedio y el tamaño del efecto del razonamiento correcto e incorrecto en las dos aplicaciones (Tabla 6). Estos resultados muestran que los futuros profesores obtuvieron una puntuación media mayor en el post-test con una diferencia de medias mayor a 0.5, que puede interpretarse como prácticamente significativa (Schau & Emmioğlu, 2012). Además, aunque el tamaño del efecto entre el pre-test y el post-test es pequeño, el signo negativo confirma que, en promedio, los participantes en el post-test puntuaron por encima en el razonamiento estadístico correcto comparado con las puntuaciones medias en el pre-test.

Para el razonamiento estadístico incorrecto la puntuación media obtenida en el pre-test fue mayor que la obtenida en el post-test, lo que se corrobora con signo del estadístico de Hedges. Aunque el tamaño del efecto también es pequeño, se obtuvo una disminución en la puntuación media al comparar la puntuación total en el post-test con la del pre-test. Como una menor puntuación total en la escala de razonamiento erróneo indica menos concepciones erróneas, los resultados encontrados indican que los profesores en formación obtuvieron una mejoría, en promedio, en cuanto a sus razonamientos erróneos acerca de la estadística y la probabilidad.

Tabla 6

Descriptivos y tamaño del efecto para las puntuaciones totales del razonamiento estadístico correcto e incorrecto.

Razonamiento	Prueba	\bar{X} (SD)	g	IC 95%
Correcto	Pretest	9.22 (2.60)	-0.305	(-6.90,0.08)
	Post-test	10.18 (2.83)		
Incorrecto	Pretest	7.56 (2.59)	0.226	(-0.22,0.68)
	Post-test	6.88 (2.26)		

Nota. \bar{X} denota la media aritmética, SD la desviación estándar y g el tamaño del efecto estimado mediante el estadístico de Hedges.

Posteriormente, se compararon las puntuaciones totales del SRA para los dos tipos de razonamiento mediante la prueba no paramétrica de Wilcoxon para datos emparejados. No se encontraron diferencias estadísticas entre las puntuaciones totales de razonamiento correcto entre el pre-test y el post-test y, de igual manera, para el razonamiento erróneo (Tabla 7).

Tabla 7

Prueba no paramétrica de Wilcoxon para las puntuaciones totales del instrumento SRA (elaboración propia)

Razonamiento	Prueba	Mdn	V (p)	IC 95%
Correcto	Pretest	9	29 (0.14)	(-2.5,0.5)
	Post-test	10		
Incorrecto	Pretest	8	98.5 (0.23)	(-0.99,1.99)
	Post-test	7		

Nota. Mdn denota la mediana, V el estadístico de prueba de la prueba de Wilcoxon.

Además, al comparar la puntuación total para el razonamiento estadístico correcto en el post-test con la edad, no se encontró correlación significativa al 5% ($p=0.096$) y de igual manera para la puntuación total del razonamiento estadístico incorrecto y la edad ($p=0.82$). Esto evidencia que la puntuación obtenida en ambos tipos de razonamiento estadístico es independiente de la edad de los participantes.

Con el fin de realizar un análisis de la fiabilidad del instrumento SRA, se calcularon las correlaciones entre las puntuaciones totales de razonamiento correcto en el pre-test y el post-test y, de igual manera, para las puntuaciones totales de razonamiento erróneo. Se obtuvo un coeficiente de correlación de Spearman $r_s = 0.609$, IC 95% [0.181,0.843] para el razonamiento estadístico correcto y $r_s = 0.388$, IC 95% [-0.114,0.732] para el razonamiento erróneo. Estos resultados muestran una correlación moderada entre las puntuaciones antes y después para la escala de razonamiento estadístico correcto, pero una baja correlación entre las puntuaciones de la escala de razonamiento erróneo. Estos resultados indican una estabilidad moderada en las puntuaciones totales del razonamiento estadístico correcto. Sin embargo, la estabilidad en el tiempo es baja para las puntuaciones totales en la escala de razonamiento estadístico erróneo.

CONCLUSIONES

Los resultados de esta investigación informan sobre una mejoría en las puntuaciones de la actitud hacia la estadística y el razonamiento estadístico de

los profesores en formación de un curso de pensamiento matemático. De este estudio derivan varios resultados importantes.

En primer lugar, se presenta un incremento en la actitud hacia la estadística después de finalizar el módulo de pensamiento aleatorio, con una puntuación promedio por encima de 75 puntos. Esta mejoría podría deberse al rediseño del módulo y a las estrategias didácticas implementadas en las clases; por ende, los profesores en formación manifestaron una valoración positiva de la utilidad de la estadística y una buena percepción y valoración de su papel en el ámbito sociocultural. Estos resultados son similares a los resultados de Estrada et al. (2004), quienes encontraron que, en general, los profesores en formación y en ejercicio mostraron una actitud positiva hacia la estadística debido a que los participantes tuvieron una puntuación global promedio por encima de la posición de indiferencia (75 puntos).

En segundo lugar, se evidencia una correlación positiva estadísticamente significativa entre la puntuación total en la escala de actitudes hacia la estadística y la edad de los profesores en formación. Aunque la correlación es moderada, estos resultados difieren de los encontrados por León-Montero et al. (2018) en los que no se encontró correlación significativa. Esta diferencia radica posiblemente en que los estudiantes de mayor edad pueden tener mayores experiencias con la estadística en comparación con los más jóvenes y, como lo plantean Estrada et al. (2004), la actitud es un constructo que se afecta por variables personales y escolares. Por ejemplo, Ordóñez-Camacho et al. (2019) encontraron que, en general, los participantes de mayor edad son los que tienen un nivel de ansiedad hacia la estadística más alto y presentan emociones negativas hacia ella.

En tercer lugar, el análisis de las preguntas del instrumento de actitud hacia la estadística mostró que, tanto en el pre-test como en el post-test, los profesores en formación tuvieron una valoración positiva de la utilidad de la estadística, puesto que están de acuerdo con que esta ayuda a entender el mundo. Estos resultados son similares a los encontrados en el estudio realizado por León-Montero et al. (2018), quienes aplicaron la EAEE a una muestra de 105 profesores en formación con variables sociodemográficas similares a las de este estudio; las variables sexo y edad presentaron una distribución parecida en ambos estudios. Estos investigadores también encontraron que, en general, los profesores en formación tuvieron una buena percepción y valoración del papel de la estadística en el ámbito sociocultural, puesto que consideraron que la estadística era útil tanto en sus estudios como para su futuro ejercicio docente. Esta valoración positiva puede interpretarse como expresiones de

pensamiento, concepciones y creencias que los estudiantes manifiestan acerca de la estadística y su utilidad en el mundo; y refleja el reconocimiento que los estudiantes tienen hacia esta disciplina, aun cuando no haga parte de su especialidad en el programa profesional.

Con respecto al razonamiento estadístico, aunque no se encontraron diferencias significativas en las puntuaciones totales para el razonamiento correcto ni para el razonamiento erróneo, hubo un incremento en las puntuaciones totales. Esto contrasta con lo reportado por Gundlach et al. (2015), quienes aplicaron también un diseño tipo pre-test-post-test con el instrumento SRA. A diferencia del presente estudio, dichos autores encontraron diferencias significativas entre el pre-test y el post-test. Sin embargo, cabe aclarar que: i) estos autores solo usaron ocho de las 20 preguntas que tiene el instrumento; ii) excluyeron las preguntas del SRA relacionadas con la probabilidad y la asociación, dejando solo preguntas sobre medidas descriptivas; y iii) el intervalo de tiempo entre el pre-test y el post-test fue mucho más amplio, ya que el SRA se aplicó al inicio y al final de un semestre académico de 16 semanas de una universidad norteamericana.

Finalmente, la probabilidad fue la única temática en la que el promedio de respuestas correctas disminuyó y el de respuestas incorrectas aumentó, de donde los profesores en formación presentaron dificultades principalmente en cuanto al razonamiento acerca de la probabilidad. Esto puede deberse a que la probabilidad es un área en la que los estudiantes suelen tener más dificultades (Konold et al., 1993; Shaughnessy, 2007). Así, por ejemplo, investigaciones realizadas con profesores en formación para el nivel de educación elemental han mostrado que solo un 18.5% de los participantes estaban en la capacidad de concebir la representatividad de una muestra en términos probabilísticos (Groth y Bergner, 2005). Más aún, diferentes investigaciones han evidenciado que los profesores en formación y en ejercicio presentan un conocimiento insuficiente acerca de la probabilidad (Martins et al., 2012; Ruz et al., 2020, 2021).

Limitaciones y conclusión general

Los resultados sugieren evaluar el diseño del módulo de pensamiento aleatorio en cuanto a los contenidos que debe abordar y los tiempos que se dedica a este módulo. Los resultados también sugieren reevaluar el diseño con respecto a la enseñanza de la estocástica con el fin de diseñar estrategias para su enseñanza y aprendizaje enmarcadas en el contexto de los futuros profesores

de la licenciatura en educación infantil. Una limitación en este estudio es el corto tiempo dedicado al módulo de pensamiento aleatorio y, por ende, al abordaje de muy pocos temas de estocástica. Otra limitación es la fiabilidad de la EAEE en el pre-test y el post-test y del SRA, lo que muestra un grado moderado de estabilidad en el tiempo en las puntuaciones de actitud hacia la estadística y del razonamiento estadístico.

En síntesis, se concluye que los futuros profesores evidencian una valoración positiva de la utilidad de la estadística, así como una buena percepción y valoración de su papel en el ámbito sociocultural. Sin embargo, evidencian razonamientos erróneos principalmente sobre la probabilidad, de donde es importante desarrollar estrategias en el aula que informen sobre actividades que promuevan el razonamiento estadístico de los profesores en formación y en ejercicio, en especial, el razonamiento acerca de la probabilidad.

Implicaciones

Los cambios sociales de las últimas décadas requieren de ciudadanos mejor informados y que puedan tomar decisiones en situaciones en las que la incertidumbre está presente (Alsina, 2017), por ello, es importante trabajar de manera sistemática el razonamiento estadístico y las actitudes hacia la estocástica en educación infantil. Para promover el razonamiento estadístico se requiere de más estudios que implementen estrategias sugeridas en la literatura como la lectura crítica de artículos, el trabajo con datos reales en contexto y el trabajo por proyectos en los que los estudiantes se involucren con las distintas etapas del ciclo investigativo (Carver et al., 2016; Garfield et al., 2008); así como el uso en las aulas de clase de instrumentos validados y confiables que permitan la articulación entre la investigación y la enseñanza (Zieffler et al., 2008). Además, si bien la investigación de las actitudes hacia la estadística de los estudiantes es abundante, como lo plantean Estrada et al. (2011) y Groth y Meletiou-Mavrotheris (2018), la literatura es escasa en lo referente a las actitudes hacia la estadística de los profesores en formación y/o en servicio. Por tanto, es importante continuar con investigaciones que den cuenta de las actitudes hacia la estadística de los profesores en formación, puesto que éstas influenciarán su conocimiento de la estadística, sus prácticas de enseñanza y las actitudes de sus estudiantes.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación es resultado del proyecto *Desarrollo del Razonamiento Estadístico en Profesores en Formación de la Licenciatura en Pedagogía Infantil* de la convocatoria interna *Innovaciones Didácticas IV* de 2019. Es financiado con recursos del Centro de Investigaciones Educativas y pedagógicas-CIEP de la Universidad de Antioquia, Medellín Colombia. Agradecemos también a los grupos de investigación MATHEMA-FIEM, Demografía y Salud; y Aplicaciones Estadísticas y Salud Pública por el apoyo a este trabajo.

CONFLICTOS DE INTERESES

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

DECLARACIONES DE LAS CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

JGB, DGG, JAV y MMP realizaron la conceptualización e investigación. JGB y DGG realizaron la escritura del borrador, desarrollaron la metodología y trabajaron la revisión de datos. JGB, DGG y JAV realizaron los análisis y la escritura. Todos los autores participaron en la discusión de los resultados, revisaron y aprobaron la versión publicada del manuscrito.

DECLARACIÓN DE DISPONIBILIDAD DE DATOS

Los datos que respaldan los resultados de este estudio serán puestos a disposición por el autor correspondiente, JGB, previa solicitud razonable.

REFERENCIAS

- Alsina, Á. (2017). Contextos y propuestas para la enseñanza de la estadística y la probabilidad en Educación Infantil : un itinerario didáctico. *Épsilon - Revista de Educación Matemática*, 34(95), 25–48.
- Andrade, L., Fernández, F., & Álvarez, I. (2017). Panorama de la investigación en Educación Estadística desde tesis doctorales 2000-2014. *TED: Tecné, Episteme y Didaxis*, 14(41), 87–107.

<https://doi.org/https://doi.org/10.17227/01203916.6039>

- Bargagliotti, A., Franklin, C., Arnold, P., Gould, R., Johnson, S., Perez, L., & Spangler, D. A. (2020). *Pre-K–12 Guidelines for Assessment and Instruction in Statistics Education II (GAISE II): A Framework for Statistics and Data Science Education*. American Statistical Association.
https://www.amstat.org/asa/files/pdfs/GAISE/GAISEIIPreK-12_Full.pdf
- Batanero, C. (2019). Treinta años de investigación en educación estocástica: Reflexiones y desafíos [Congreso]. *Actas Del Tercer Congreso Internacional Virtual de Educación Estocástica*, 15.
https://www.ugr.es/~fqm126/civeest/ponencias/batanero_ing.pdf
- Ben-Zvi, D. (2018). Three paradigms to develop students' statistical reasoning [Conference]. *The International Conference on Teaching Statistics*.
http://iase-web.org/icots/10/proceedings/pdfs/ICOTS10_2E1.pdf
- Ben-Zvi, D., Makar, K., & Garfield, J. (Eds.). (2018). *International handbook of research in statistics education*. Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-66195-7>
- Carver, R., Everson, M., Gabrosek, J., Horton, N., Lock, R., Mocko, M., Rossman, A., Holmes Rowell, G., Velleman, P., Witmer, J., & Wood, B. (2016). *Guidelines for Assessment and Instruction in Statistics Education: College Report*. https://www.amstat.org/docs/default-source/amstat-documents/gaisecollege_full.pdf
- Creswell, J. (2014). *Research Design: Qualitative, quantitative and mixed methods approaches* (4^o). SAGE.
<https://doi.org/10.1192/bjp.112.483.211-a>
- delMas, R. (2004). A Comparison of Mathematical and Statistical Reasoning. In D. Ben-Zvi & J. Garfield (Eds.). *The Challenge of Developing Statistical Literacy, Reasoning and Thinking* (pp. 79–95). Springer.
https://doi.org/10.1007/1-4020-2278-6_4
- Dempster, M., & Mccorry, N. K. (2009). The role of previous experience and attitudes toward statistics in statistics assessment outcomes among undergraduate psychology students. *Journal of Statistics Education*, 17(2). <https://doi.org/10.1080/10691898.2009.11889515>
- Estrada, A. (2002). *Análisis de las actitudes y conocimiento estadísticos*

elementales en la formación del profesorado [published doctoral dissertation, Universitat autònoma de Barcelona].

<https://ddd.uab.cat/record/38525>

- Estrada, A., Batanero, C., & Fortuny, J. M. (2004). Un estudio comparado de las actitudes hacia la estadística en profesores en formación y en ejercicio. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 22(2), 263–273.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3888>
- Estrada, A., Batanero, C., & Lancaster, S. (2011). Teachers' attitudes towards statistics. In C. Batanero, G. Burrill, & C. Reading. (Eds.). *Teaching Statistics in School Mathematics Challenges for Teaching and Teacher Education A Joint ICMIIASE Study* (pp. 163–171). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-94-007-1131-0_18
- Estrada, A., Bazán, J., & Aparicio, A. (2013). Evaluación de las propiedades psicométricas de una escala de actitudes hacia la estadística en profesores. *Avances de Investigación En Educación Matemática*, 3, 5–23. <https://doi.org/10.35763/aiem.v0i3.61>
- Franklin, C., Kader, G., Mewborn, D., Moreno, J., Peck, R., Perry, M., & Scheaffer, R. (2007). *Guidelines for Assessment and Instruction in Statistics Education (GAISE) Report*.
https://www.amstat.org/docs/default-source/amstat-documents/gaiseprek-12_full.pdf
- Garfield, J. (1991). Evaluating student's understanding of statistics: Development of the statistical Reasoning assessment. *Proceedings of the Thirteenth Annual Meeting North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, 2, 1–7. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED352274.pdf>
- Garfield, J. (2002). The challenge of developing statistical reasoning. *Journal of Statistics Education*, 10(3). <https://doi.org/10.1007/1-4020-2278-6>
- Garfield, J. (2003). Assessing Statistical Reasoning. *Statistics Education Research Journal*, 2(1), 22–38.
- Garfield, J., & Ben-Zvi, D. (2004). *The challenge of developing statistical literacy, reasoning and thinking* (D. Ben-Zvi & J. Garfield. (Eds.). Springer. <https://doi.org/10.1007/1-4020-2278-6>
- Garfield, J., Ben-Zvi, D., Chance, B., Roseth, C., & Zieffler, A. (2008).

Developing students' statistical reasoning: Connecting research and teaching practice. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8383-9>

- Gillham, B. (2000). *Case study: research methods*. Continuum.
- González-Gómez, D. (2014). *Constitución de la identidad del profesor que enseña estadística* [published doctoral dissertation, Universidad de Antioquia].
<http://funes.uniandes.edu.co/12045/1/Gonzalez2014Constitución.pdf>
- González-Gómez, D., & Zapata-Cardona, L. (2018). Professional development programs for statistics teachers: the role of reflection [Conference]. *International Conference on Teaching Statistics*.
https://iase-web.org/icots/10/proceedings/pdfs/ICOTS10_4A2.pdf?1531528851
- Groth, R., & Bergner, J. (2005). Pre-service elementary school teachers' metaphors for the concept of statistical sample. *Statistics Education Research Journal*, 4(2), 27–42.
- Groth, R., & Meletiou-Mavrotheris, M. (2018). Research on Statistics Teachers' Cognitive and Affective Characteristics. In D. Ben-Zvi, K. Makar, & J. Garfield. (Eds.). *International Handbook of Research in Statistics Education* (pp. 327–355). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-66195-7_10
- Gundlach, E., Richards, K. A. R., Nelson, D., & Levesque-Bristol, C. (2015). A comparison of student attitudes, statistical reasoning, performance, and perceptions for web-augmented traditional, fully online, and flipped sections of a statistical literacy class. *Journal of Statistics Education*, 23(1), 1–33.
<https://doi.org/10.1080/10691898.2015.11889723>
- Henriques, A., Oliveira, H., & Baptista, M. (2019). Prospective teachers' interdisciplinary learning scenario to promote students' statistical reasoning [Congress]. *Eleventh Congress of the European Society for Research in Mathematics Education*. https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02429057/file/TWG05_15.pdf
- Karatoprak, R., Karagöz Akar, G., & Börkan, B. (2015). Prospective Elementary and Secondary School Mathematics Teachers' Statistical Reasoning. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 7(2), 107–124.

- Konold, C., Pollatsek, A., Well, A., Lohmeier, J., & Lipson, A. (1993). Inconsistencies in Students' Reasoning about Probability. *Journal for Research in Mathematics Education*, 24, 392–414. <https://doi.org/10.2307/749150>
- León-Montero, C., Casas, J. C., Madrid, M. J. M. J., Jiménez-Fanjul, N., & Maz-Machado, A. (2018). Actitudes hacia la estadística en futuros maestros de educación infantil. *Yupana*, 10(16), 8–15. <https://doi.org/10.14409/yu.v0i10.7693>
- Liu, H.-J., & Garfield, J. (2002). Sex Differences in Statistical Reasoning. *Bulletin of Educational Psychology*, 34 (1), 123–136.
- Lopes, C. E. (2008). O ensino da estatística e da probabilidade na educação básica e a formação dos professores. *Cadernos CEDES*, 28(74), 57–73. <https://doi.org/10.1590/s0101-32622008000100005>
- Lovett, M. (2001). A collaborative convergence on studying reasoning processes: A case study in statistics. In D. Klahr & S. Carver. (Eds.). *Cognition and Instruction: 25 Years of Progress* (pp. 347–384). <https://learnlab.org/research/wiki/images/5/52/Lovett01CandI.pdf>
- Márquez, J. C. (2004). Una revisión de las evidencias de fiabilidad y validez de los cuestionarios de actitudes y ansiedad hacia la estadística [A review of the evidence of reliability and validity of the attitudes and anxiety questionnaires towards statistics]. *Statistics Education Research Journal*, 3(1), 5–28.
- Martins, J. A., Nascimento, M. M., & Estrada, A. (2012). Looking back over their shoulders: A qualitative analysis of portuguese teachers' attitudes towards statistics. *Statistics Education Research Journal*, 11(2), 26–44. <https://doi.org/10.52041/serj.v11i2.327>
- Ministerio de Educación Nacional [MEN]. (1998). *Lineamientos curriculares Matemáticas*. https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-89869_archivo_pdf9.pdf
- Moore, D. (1998). Statistics among the Liberal Arts. *Journal of the American Statistical Association*, 93(444), 1253–1259. <https://doi.org/10.1080/01621459.1998.10473786>
- Ordóñez-Camacho, X., Romero-Martínez, S., & Ruiz, D. M. (2019). Actitudes hacia la Estadística en Alumnos de Educación: Análisis de Perfiles. *Revista de Educacion*, 2019(385), 165–192.

<https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2019-385-421>

- Pérez, L. L., Aparicio, A. P., Bazán, J. G., & Abdounur, O. J. (2015). Actitudes hacia la estadística de estudiantes universitarios de Colombia. *Educación Matemática*, 27(3), 111–149.
- Pfannkuch, M., & Wild, C. J. (1999). Statistical Thinking in Empirical Enquiry. *International Statistical Review*, 67(3), 223–265.
- Ruz, F., Molina-Portillo, E., & Contreras, J. M. (2021). Exploring knowledge about probability content in prospective mathematics teachers. *Boletín de Estadística e Investigación Operativa (BEIO)*, 37(2), 130–147.
- Ruz, F., Molina-Portillo, E., Vásquez, C., & Contreras, J. M. (2020). Attitudes towards probability and its teaching in prospective mathematics teachers from Chile and Spain. *Acta Scientiae*, 22(2), 48–66.
<https://doi.org/10.17648/acta.scientiae.5489>
- Schau, C., & Emmioğlu, E. (2012). Do introductory statistics courses in the United States improve students' attitudes? *Statistics Education Research Journal*, 11(2), 86–94.
- Shaughnessy, M. (2007). Research on statistics learning and reasoning. In F. Lester. (Ed.). *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 957–1009). NCTM.
- Szklo, M., & Nieto, J. (2003). *Epidemiologia Intermedia: Conceptos y Aplicaciones*. Díaz Santos.
- Tishkovskaya, S., & Lancaster, G. A. (2012). Statistical education in the 21st century: A review of challenges, teaching innovations and strategies for reform. *Journal of Statistics Education*, 20(2), 1–56.
<https://doi.org/10.1080/10691898.2012.11889641>
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1982). Judgment under uncertainty: Heuristics and biases. In D. Kahneman, P. Slovic, & A. Tversky. (Eds.). *Judgment under uncertainty* (pp. 3–20). Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/CBO9780511809477.002>
- Zieffler, A., Chang, B., Holleque, K., Garfield, J., Dupuis, D., & Alt, S. (2008). What Does Research Suggest About the Teaching and Learning of Introductory Statistics at the College Level? A Review of the Literature. *Journal of Statistics Education*, 16(2), 26.
<https://doi.org/10.1080/10691898.2008.11889566>

Zieffler, A., Garfield, J., & Fry, E. (2018). What Is Statistics Education? In D. Ben-Zvi, K. Makar, & J. Garfield. (Eds.). *International Handbook of Research in Statistics Education* (pp. 37–70). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-66195-7_2