

DESARROLLO DE LA HABILIDAD DE FORMULAR PROBLEMAS ESTADÍSTICOS EN ESTUDIANTES PARA MAESTRA/O A TRAVÉS DE UNA RETROALIMENTACIÓN GUIADA

Valia Guerra-Ones¹ (vguerrao@ull.edu.es)

Josefa Perdomo-Díaz¹ (jperdomd@ull.edu.es)

¹Universidad de La Laguna

Resumen

Desarrollar la habilidad de plantear problemas estadísticos apropiados para trabajar en primaria es esencial en la formación de los futuros maestros. La formulación de estos problemas requiere emplear un contexto que despierte el interés de los estudiantes, distinguir entre pregunta determinista y estadística, así como entre pregunta de investigación y de encuesta. Formular problemas de este tipo es una tarea compleja, que necesita de un proceso iterativo de refinamiento. El objetivo de este trabajo es analizar los aportes de un proceso de retroalimentación orientada al desarrollo de la habilidad para formular problemas estadísticos. Se trata de un estudio experimental, con 36 futuros maestros, en el que los estudiantes plantean un problema estadístico que refinan a partir de un proceso de retroalimentación guiado por una rúbrica y unas preguntas orientadas. Se analiza el contexto y el ajuste estadístico de los problemas formulados, así como la evolución de los mismos a partir del proceso de retroalimentación. Los resultados muestran mejoras y algunos errores que orientan una serie de acciones para la formación docente en formulación de problemas estadísticos.

Palabras clave: Educación estadística, formulación de problemas, problema estadístico, retroalimentación, formación inicial docente.

Abstract

Developing the ability to pose suitable statistical problems for primary school students during preservice teachers training is fundamental. Formulating these problems requires the use of close to students' experiences contexts, distinguishing between deterministic and statistical questions, and between research and survey questions. Posing statistical problems is a complex task that requires an iterative process of refinement. The main goal of this paper is to analyze the contributions of a feedback process aimed at developing posing statistical problems skills. We report the results of an experimental study with 36 future teachers, in which they pose a statistical problem that is refined through a feedback process guided by a rubric and targeted questions. The context and statistical fit of the formulated problems are analyzed, as well as their evolution through the feedback process. The results show improvements and some errors that guide a series of actions for teacher training in formulating statistical problems.

Keywords: Statistics education, Problem Posing, Statistical Problem, Feedback, Teacher Initial Training.

Introducción

Los avances tecnológicos de los últimos años y el carácter de los mismos, han hecho posible que la generación y acumulación de datos de todo tipo y sobre todo tipo de información se realice de forma cada vez más rápida y accesible a una mayor cantidad y diversidad de personas. Esto ha derivado en un consenso, a nivel internacional, acerca de la importancia de desarrollar una alfabetización y sentido estadístico desde edades tempranas (Arnold y Franklin, 2021). En ocasiones, esto se asocia al desarrollo de conocimientos y habilidades relacionados con el tratamiento y uso de datos, lo que conlleva que, con alta frecuencia, los

estudiantes se concentren en los datos, quedando el vínculo con el problema estadístico en un segundo plano (Pfannkuch y Horring, 2004). Sin embargo, la facilidad de acceso a grandes cantidades de datos, de procedencias tan diversas, ha ido otorgando cada vez mayor importancia al desarrollo de habilidades para formular preguntas de calidad a esos datos, lo que ha derivado en la inclusión de la formulación del problema como parte del ciclo estadístico (Wild y Pfannkuch, 1999).

La formulación de un problema estadístico es una tarea compleja, que usualmente comienza con ideas vagas y requiere de un proceso iterativo hasta conseguir un problema preciso y correctamente definido. Para lograr que el alumnado de los distintos niveles educativos aprenda a formular problemas de este tipo, una condición necesaria es que los propios docentes hayan desarrollado cierta competencia en torno a esta habilidad (Bargagliotti et al. 2020).

En los últimos años ha habido un aumento considerable de estudios que analizan la formulación de problemas por parte de los docentes, tanto en formación como en ejercicio, mostrando que es una actividad que permite diagnosticar y evaluar aspectos de su conocimiento matemático disciplinar e identificar dificultades y errores conceptuales (Ayala-Altamirano et al., 2023; Embid et al., 2023; Guerra et al., 2023; Cai y Hwang, 2020). Como competencia profesional a desarrollar en los maestros en formación, la formulación de problemas estadísticos ha recibido una atención sustancialmente menor que la formulación de problemas en otros ámbitos de la matemática y la investigación existente considera diversas partes del ciclo estadístico de forma simultánea: el problema estadístico, las variables, la relación entre el problema y los datos generados y revisar la calidad de los datos generados o simulados (Leavy y Frischemeier, 2022).

En este artículo se presenta una investigación, realizada en el contexto de la formación inicial docente, cuyo objetivo es estudiar los aportes, en la mejora de la habilidad de los futuros maestros de primaria para formular problemas estadísticos escolares, de un proceso de retroalimentación diseñado en base a una rúbrica y un conjunto de preguntas orientadoras.

Algunos estudios realizados con docentes en formación muestran que un proceso de retroalimentación adecuado, puede ayudarles a formular problemas estadísticos de mayor calidad (Frishmeier y Biehler, 2018; Leavy y Frischemeier, 2022). Estos mismos autores señalan que no cualquier proceso de retroalimentación genera buenos resultados en este sentido (Frishmeier y Biehler, 2018) y que es necesario realizar más estudios sobre el proceso de retroalimentación en la formulación de problemas estadísticos. En nuestra investigación consideramos que, centrarse únicamente en una de las componentes, en este caso el problema estadístico a formular, permite concentrar la atención de los futuros docentes en aspectos concretos, dándoles la oportunidad de identificar indicadores de calidad en la formulación de problemas estadísticos.

Marco conceptual

Cuando una persona lleva a cabo un estudio estadístico, su pensamiento opera en cuatro dimensiones (Wild y Pfannkuch, 1999): el ciclo investigativo, el ciclo interrogativo, los tipos de pensamiento y las disposiciones. La curiosidad, la observación, la apertura a diferentes ideas o la búsqueda de un conocimiento profundo acerca de un fenómeno son algunas de las disposiciones necesarias para abordar y trabajar en una investigación estadística (Wild y Pfannkuch, 1999). En relación con los tipos de pensamiento, se utilizan algunos generales, que pueden estar relacionados con la matemática pero no son específicos de la estadística, como el pensamiento estratégico o la fluidez procedimental (Kilpatrick et al., 2009) y otros propios del pensamiento estadístico como reconocer la necesidad de los datos y la importancia de la variabilidad, reconocer modelos estadísticos e integrar la información estadística con la del contexto. El ciclo interrogativo es un proceso de pensamiento genérico que se usa constantemente y que incluye: generar ideas, planes, modelos; buscar información a nivel externo e interno; interpretar, resumiendo, comparando y conectando información; analizar tanto la información como la propia interpretación; y juzgar (Wild y Pfannkuch, 1999). Estas tres dimensiones se entrelazan en cada una de las fases de otra dimensión, la que corresponde al ciclo estadístico, entendido como el proceso que se sigue desde la propia concepción de un problema estadístico, a partir de una problemática real, hasta su resolución,

y que expresa la forma en que una persona actúa y sobre qué piensa en el transcurso de una investigación estadística. Según el modelo de Wild y Pfannkuch (1999), en este ciclo se distinguen cinco fases o etapas: Problema, Plan, Datos, Análisis y Conclusiones.

La estructura conceptual de la educación estadística en todos los niveles educativos, desde preescolar hasta secundaria, se apoya fuertemente en la dimensión correspondiente al ciclo estadístico. La forma en que se presenta este ciclo puede variar dependiendo del marco de referencia que se emplee. Así, el marco bajo el cual el National Council of Teachers of Mathematics define las guías para la evaluación y la enseñanza en educación estadística (Bargagliotti et al., 2020), el proceso de resolución de problemas estadísticos consta de cuatro componentes centrales: plantear un problema de estudio, recoger y tratar los datos, analizarlos e interpretar los resultados. Este marco integra la dos primeras fases del modelo de Wild y Pfannkuch (1999), correspondiente al problema y el plan para darle respuesta, en una sola etapa que denominan plantear el problema de estudio. El marco de Wild y Pfannkuch (1999) considera el pensamiento estadístico desde el momento que se ha identificado una problemática real susceptible de ser resuelta a partir de una investigación estadística. Al comienzo de esa investigación hay un proceso iterativo de planteamiento del problema y diseño del plan de investigación (diseño de la muestra, elección del tipo de datos a recopilar, etc.), mediante el que se va acotando la problemática real hasta llegar al problema de estudio para el que finalmente se recogerán los datos. A medida que se avanza en el desarrollo del pensamiento estadístico, este ciclo se mantiene, aumentando la complejidad de los problemas de estudio, apareciendo la construcción de herramientas de análisis y la aplicación de técnicas de inferencia estadística (Bargagliotti et al., 2020).

Si bien este ciclo considera la formulación de un problema de estudio como parte del desarrollo del pensamiento estadístico, los estudiantes comienzan su educación estadística con problemas entregados por sus docentes. De la calidad del problema proporcionado por el docente, dependerá el tipo de oportunidades que los estudiantes tengan para desarrollar su aprendizaje. Aquí juega un papel muy importante la competencia profesional en formulación de problemas escolares del docente (Carrillo et al., 2021), su destreza para seleccionar problemas, adaptarlos o generarlos.

Durante los estudios estadísticos surgen diversos tipos de preguntas, que responden a distintos objetivos. Para distinguirlas, Arnold y Franklin (2021) denominan *pregunta estadística* a la pregunta principal que queremos responder y para la que necesitamos la ayuda de los datos; mientras que las preguntas concretas que se formulan para obtener los datos serían *preguntas de encuesta* (Arnold y Franklin, 2021). Así, un problema estadístico incluye una pregunta estadística y puede incluir, o no, una o varias preguntas de encuesta, puesto que no todos los problemas estadísticos requieren de la realización de encuestas (Bargagliotti et al., 2020).

Para que una problemática real pueda resolverse mediante investigaciones estadísticas es fundamental que exista variación, en el sentido de que los resultados de una misma acción sean impredecibles y las relaciones causa-efecto sean difíciles de responder (Wild y Pfannkuch, 1999). Por tanto, una pregunta, para poder considerarse pregunta estadística debe hacer referencia a fenómenos que presentan cierta variabilidad, diferenciándose así de las preguntas deterministas (Bargagliotti et al., 2020).

Para evaluar la calidad de una pregunta estadística, Arnold (2013) propone una serie de aspectos a tener en cuenta: variables claras y de interés, población bien definida, intención clara, preguntas que pueden ser respondidas con datos, problema interesante y la posibilidad de un análisis que permita inferir conclusiones para toda la población. Si estas preguntas van dirigidas a estudiantes, es importante considerar otros indicadores a la hora de seleccionar o crear problemas como la claridad en el lenguaje empleado, el ajuste curricular o que el contexto capte la atención del alumnado y sea cercano (Leavy y Hourigan, 2022). La importancia de que el problema estadístico presente una situación cercana a los estudiantes radica en el hecho de que la resolución de un problema estadístico interviene un conocimiento estadístico y un conocimiento del contexto del problema y ambos conocimientos tienen que conectarse en distintas etapas del ciclo investigativo (Wild y Pfannkuch, 1999).

Objetivos de la investigación

Como se indicó al final de la introducción, el objetivo general de esta investigación es estudiar los aportes de un proceso de retroalimentación diseñado en base a una rúbrica y un conjunto de preguntas orientadoras, en la mejora de la habilidad de los futuros maestros de primaria para formular problemas estadísticos escolares. Para ello, y teniendo en cuenta el marco conceptual bajo el que se ha diseñado el estudio, se establecen los siguientes objetivos específicos:

1. Evaluar la calidad del contexto y el ajuste estadístico de los problemas formulados por futuros docentes para trabajar el ciclo estadístico con estudiantes de primaria.
2. Analizar de qué forma evolucionan estos problemas cuando se realiza una retroalimentación usando una rúbrica y preguntas orientadas hacia el contexto y el ajuste estadístico.

Metodología

Se trata de un estudio empírico, en el que se trata de analizar qué ocurre con una experiencia concreta, diseñada con unos objetivos de enseñanza y aprendizaje determinados, relacionados con la formulación de problemas estadísticos. La investigación tiene carácter exploratorio y se realiza mediante un enfoque cualitativo.

Experiencia en formulación de problemas estadísticos

Esta investigación se sustenta en el diseño de una experiencia de enseñanza y aprendizaje centrada en la formulación de problemas estadísticos. La experiencia de formulación de problemas se realiza en dos fases. En la primera fase, a los futuros profesores se les pide formular, en grupo, un problema estadístico que pueda trabajarse con estudiantes de segundo ciclo de educación primaria (7-8 años) y que considere de alguna manera los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Este problema es revisado por una experta, que también es docente de la asignatura, empleando para ello una rúbrica. A partir de esa revisión, la experta entrega a cada grupo una retroalimentación orientada, compuesta por la evaluación realizada con la rúbrica y un conjunto de preguntas específicas para cada grupo cuyo objetivo es orientarles hacia una mejor formulación del problema. A partir de esa retroalimentación,

comienza la segunda fase, donde los futuros docentes formulan una nueva versión del problema inicial, ajustada y refinada a partir de la retroalimentación recibida.

La rúbrica empleada para evaluar la calidad de los problemas formulados por los futuros docentes (Tabla 1) fue diseñada por las investigadoras y se centra en el análisis de dos categorías: contexto y ajuste estadístico.

En relación con el contexto, el problema estadístico debe tener sentido para los estudiantes, plantear una situación que les resulte cercana, que haga referencia a experiencias que hayan podido tener a lo largo de su vida, y también que despierten su interés (Leavy y Frischmeier, 2022; Leavy y Hourigan, 2022). Además, al tratarse de una experiencia de formación en formulación de problemas, tiene que atenderse al requerimiento de la tarea de formulación (Cai y Hwang, 2020), que, en este caso, sería que pudiera ser resuelto por estudiantes de 7-8 años y que esté relacionado con los ODS.

El ajuste estadístico está asociado a la claridad en la intención de la pregunta que señalan Leavy y Frischmeier (2022), si la pregunta se puede identificar como una pregunta orientada a resumir información, comparar poblaciones o muestras o establecer relaciones. A este significado se ha añadido el hecho de que el problema formulado debe ser una pregunta estadística y no una pregunta de encuesta (Arnold, 2013; Arnold y Franklin, 2021). Por otra parte, ese ajuste estadístico debe corresponder al nivel educativo para el que se formula el problema, que en este caso sería el segundo ciclo de educación primaria. Las orientaciones del GAISE II señalan en este sentido la importancia de comenzar con problemas estadísticos en los que intervenga una única variable, asociada a grupos pequeños y bien definidos, de manera que los propios estudiantes puedan recoger los datos o tener acceso a los mismos, y extender a continuación a la comparación y relación entre variables, pero manteniendo el uso de muestras pequeñas y bien definidas (Bargagliotti et al., 2020).

Para cada categoría se establecieron tres niveles de desempeño: básico, intermedio y avanzado (Tabla 1).

Tabla 1. Rúbrica usada en el proceso de retroalimentación.

Categoría	Niveles de desempeño		
	Básico	Medio	Avanzado
Contexto	Se pregunta sobre situaciones o experiencias que resultan lejanas a los estudiantes, que difícilmente despertarán su interés o curiosidad (empleo, jubilaciones...) o en términos abstractos.	Se pregunta sobre situaciones o experiencias cercanas a los estudiantes de 2º ciclo de Primaria, que pueden resultar de interés para ellos y generarles curiosidad (mascotas, juegos...), pero no relacionadas con los ODS.	Se pregunta sobre situaciones o experiencias relacionadas con los ODS y cercanas a los estudiantes de 2º ciclo de Primaria, que pueden resultar de interés para ellos y generarles curiosidad (mascotas, juegos...)
Ajuste estadístico	Se plantea una pregunta que no está asociada a resumen de datos, comparación o establecimiento de relaciones (por ejemplo, ¿cuál es la probabilidad de que una persona de tu clase lleve gafas?) o que no hace referencia a grupos pequeños y bien definidos.	Se plantea una pregunta de encuesta, no de investigación (por ejemplo, preguntas que sirven para recoger los datos)	Se plantea una pregunta de investigación, cuya respuesta dependerá del análisis de datos variados. La pregunta requiere una descripción de datos, la comparación de una variable entre dos o más grupos, busca la relación entre varias variables y que no hace referencia a grupos pequeños y bien definidos.

Una vez completada la rúbrica, la experta formula un conjunto de preguntas específicas para cada problema formulado. Estas preguntas hacen referencia explícita a aspectos concretos del problema formulado por los futuros docentes en la primera fase y les ayudan a identificar y entender las limitaciones del problema estadístico que ellos mismos formularon.

Participantes

Esta investigación se ha realizado con una muestra intencional de 36 estudiantes de 3.º del Grado en Maestro en Educación Primaria de la Universidad de La Laguna. Estos estudiantes ya habían cursado una asignatura, denominada Matemáticas, donde se había realizado un repaso de contenidos básicos de estadística descriptiva. La experimentación se realizó como parte de las actividades de la asignatura Didáctica de la Numeración, Estadística y el Azar,

que dedica 10 horas a la estadística, con foco en los aspectos básicos del ciclo estadístico: problema, recogida, organización y representación de datos y análisis.

Datos y proceso de análisis

Para este estudio experimental, los/las 36 futuros/as maestros y maestras, trabajaron en grupos (seis grupos de cinco personas y un grupo de seis personas). Los datos del estudio (Tabla 2) consisten en los problemas estadísticos (PE) formulados por los 7 grupos en la primera fase de la experimentación (PE-V1) y los problemas estadísticos formulados por esos mismos grupos en la segunda fase de la experimentación (PE-V2).

Tabla 2: Evidencias textuales para los PE-V1 y PE-V2 propuestos por cada grupo

Grupo	PE-V1	PE-V2
G1	<i>¿Cuántos litros de agua consumen los estudiantes en la escuela a la semana?</i>	<i>¿Cuánta cantidad de agua potable consume el alumnado en 1 jornada educativa? Se pregunta cuánta cantidad de agua han bebido (media cantimplora, la cantimplora entera, nada, una cantimplora y media...).</i>
G2	<i>Se trata la cantidad de residuos generados en un colegio</i>	<i>Se trata los tipos de residuos generados en un colegio. ¿Cuál es el tipo de residuo que más tira usted? (papel, plástico, residuos orgánicos, vidrio y otros).</i>
G3	<i>¿Cuántas veces usa el coche su familia durante el día?</i>	<i>¿Con qué frecuencia las familias utilizan este automóvil durante los días lectivos, concretamente en los meses de invierno. ¿Cuántas veces al día utilizan las familias de los alumnos del 2do ciclo el coche en días lectivos en los meses de invierno?</i>

G4	<p>¿Qué porcentaje de alimentos que llevan los estudiantes de 2do ciclo de Educación Primaria como almuerzo escolar se desperdicia?</p>	<p>¿Qué porcentaje de alimentos que llevan los estudiantes de 2do ciclo de Educación Primaria como almuerzo escolar se desperdicia?</p> <p>¿Cuánta de la comida que traes como almuerzo tiras normalmente los miércoles? (me lo como todo, tiro la mitad, lo tiro todo).</p>
G5	<p>¿Cómo influyeron los recursos disponibles en la calidad de la educación en los años 70-80?</p>	<p>Preferencia de las asignaturas de los/las alumnos/as de 2do ciclo.</p> <p>¿Cuál es tu asignatura preferida?</p>
G6	<p>¿Qué deporte es el más practicado por el alumnado?</p>	<p>Conocer qué deporte es el más practicado por el alumnado de segundo ciclo del CEIP Punta Brava.</p> <p>¿Qué deporte practicas?</p>
G7	<p>¿Cuánto alimento se desperdicia en nuestra escuela?</p>	<p>¿Cuántos gramos de comida se desperdician en el comedor del colegio?</p> <p>Los alumnos que almuerzen en el comedor escolar tendrán que tirar en una báscula del comedor los restos que dejen de su almuerzo. Cada niño llevará un recuento diario de lo que tire cada día.</p>

Para cada uno de esos problemas se realizó un análisis de contenido, usando como variables de análisis las categorías indicadas en la rúbrica (contexto y ajuste estadístico) y como valores de la variable los niveles de desempeño (básico, medio y avanzado). Para dar respuesta al primer objetivo de la investigación se analiza únicamente el primer problema planteado con cada pareja (PE-V1). El segundo objetivo se aborda analizando además el segundo problema formulado por cada pareja (PE-V2) y comparando, para cada una de las dos categorías, el nivel de calidad del primer y segundo problema.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En relación con el primer objetivo del estudio, el análisis de las características de los problemas estadísticos iniciales formulados por los participantes (PE-V1) muestra que todos requieren de alguna modificación para alcanzar el nivel avanzado en las dos categorías consideradas (Tabla 3).

En relación con el contexto, el análisis muestra que tres de los grupos se clasifican en un nivel básico (G2, G4 y G5), mientras que los otros cuatro presentan un nivel avanzado (G1, G3, G6, G7). Por otra parte, la mayoría de los grupos se sitúa en el nivel básico para el ajuste estadístico, donde únicamente el grupo G3 alcanza el nivel medio.

Tabla 3. Nivel de desarrollo de los problemas formulados antes de la retroalimentación (PE-V1).

Categoría	Niveles de desempeño		
	Básico	Medio	Avanzado
Contexto	G2, G4, G5		G1, G3, G6, G7
Ajuste estadístico	G1, G2, G4, G5, G6, G7	G3	

A continuación ilustramos la situación con algunos ejemplos para cada una de las categorías. El primer problema formulado por G5 fue el siguiente: *¿Cómo influyeron los recursos disponibles en la calidad de la educación en los años 70-80?* Este problema presenta un contexto muy alejado de la realidad cercana los estudiantes de primaria, que difícilmente despertará su interés ya que hace referencia a una etapa en la que ellos ni siquiera habían nacido. Podría ser una situación interesante y motivadora en niveles educativos superiores, cuando los intereses se amplían a miradas más amplias.

Otros grupos sí incorporan situaciones o experiencias relacionadas con los ODS, cercanas a los estudiantes de 2º ciclo de Primaria, que pueden resultar de interés para ellos y generarles curiosidad como el consumo de agua o de alimento en la escuela (G1 y G7, respectivamente), el deporte (G6) o los medios de transporte familiares (G3).

Por otra parte, en relación con el ajuste estadístico, la mayoría de los grupos formuló un problema que, aunque podía ser respondida a partir de un resumen de datos, una comparación o el establecimiento de relaciones entre variables, se referían a poblaciones o muestras grandes, con un volumen de datos que sería complejo para estudiantes de primaria, o no explicitaban de qué grupo provendrían los datos. Es el caso, por ejemplo, del primer problema formulado por G1: *¿Cuántos litros de agua consumen los estudiantes en la escuela a la semana?* Si bien es un problema que puede resultar de interés para los estudiantes, sería necesario acotar el grupo del que se obtendrían los datos, por ejemplo a los estudiantes de un mismo grupo-curso, así como el tipo de consumo al que se refieren, por ejemplo al agua embotellada que toman.

De los siete grupos de estudiantes para maestra/o que participaron en este estudio, únicamente uno, el grupo G3, planteó un problema estadístico que fue codificado con un ajuste estadístico de nivel medio dado que formula una pregunta de encuesta: *¿Cuántas veces usa el coche su familia durante el día?*

La evolución en la calidad del contexto y el ajuste estadístico de los problemas formulados (objetivo 2) puede verse en la tabla 4, donde se muestra el nivel de desarrollo de los

Tabla 4: Nivel de desarrollo de los problemas formulados antes (PE-V1) y después (PE-V2) de la retroalimentación.

Versión del problema	Contexto			Ajuste estadístico		
	Nivel de desarrollo			Nivel de desarrollo		
	Básico	Intermedio	Avanzado	Básico	Intermedio	Avanzado
PE-V1	G2, G4, G5		G1, G3, G6, G7	G1, G2, G4, G5, G6, G7	G3	
PE-V2	G4		G1, G2, G3, G5, G6, G7	G3		G1, G2, G4, G5, G6, G7

problemas planteados antes y después de la retroalimentación orientada (PE-V1 y PE-V2, respectivamente).

En cuanto al contexto, se observa que dos de los tres grupos que estaban en el nivel básico transitan al nivel avanzado (G2 y G5), mientras que el otro se mantiene en el nivel básico (G4). En relación con el ajuste estadístico, los seis grupos que se encontraban en el nivel básico pasan al avanzado (G1, G2, G4, G5, G6, G7), mientras que el grupo que inicialmente había formulado un problema estadístico en un nivel intermedio pasa a formular un problema en el nivel básico.

Nos encontramos entonces con tres tipos de situaciones: (a) grupos que no mejoraron en ninguna de las componentes analizadas, (b) grupos cuyo nivel de desempeño mejoró en una de las dos componentes consideradas y (c) grupos cuyo nivel de desempeño en la formulación de problemas estadísticos mejoró tanto en relación con el contexto como en relación con el ajuste estadístico del problema planteado.

En la primera situación se encuentra el grupo G3, que no solo no mejora la calidad del problema estadístico formulado, sino que la empeora. Este grupo, al inicio propone un problema estadístico (*¿Cuántas veces usa el coche su familia durante el día?*) que ha sido codificado en nivel avanzado en cuanto a contexto y nivel intermedio en ajuste estadístico. Después de la retroalimentación, formularon un problema cuyo ajuste estadístico empeoró ya que, aunque plantearon una pregunta de investigación asociada a un resumen de datos, de un grupo reducido, la pregunta de encuesta dificulta la recogida de los datos puesto que las familias pueden utilizar el coche distinto número de veces en distintos días.

Los grupos que mejoraron únicamente en una de las dos componentes estudiadas, lo hicieron en el ajuste estadístico. Esa mejora se observó en cuatro de los grupos: G1, G6, G7 y G4. Por ejemplo, el grupo G6 formula un problema de nivel avanzado en contexto, saber el deporte que es más practicado por el alumnado de la escuela, pero no propone inicialmente una pregunta de encuesta para obtener los datos que necesita. En la versión final, propone la pregunta de encuesta: *¿Cuál es tu deporte favorito?*, que clasificamos en nivel avanzado a

pesar de no usar categorías de elección que evitan la aparición de muchas respuestas diferentes.

El grupo G4 propone un problema inicial y final que es similar al problema del grupo G7, relacionado con la cantidad de alimentos que se desecha, pero en términos de porcentajes, lo que lo convierte en un problema de un nivel básico en términos de contexto, pensando en niños y niñas de 2do ciclo. El grupo G4 conserva el nivel de desempeño básico en la componente contexto y evoluciona en ajuste estadístico. La retroalimentación consigue que el grupo 4 avance del nivel básico al avanzado en el ajuste estadístico, pues refina adecuadamente la pregunta de encuesta: *¿Cuánta de la comida que traes la tiras a la basura?* y dan categorías de respuesta a elegir (me lo como todo, tiro la mitad, lo tiro todo). Las preguntas y comentarios personalizados que se entregaron a este grupo fueron: *¿puede un niño determinar el porcentaje de comida que desecha? ¿Cuál sería la pregunta de encuesta? ¿Puede un niño de primaria manejar con facilidad cantidades porcentuales?*

Por último, un ejemplo interesante es la evolución del grupo G1 que inicialmente propone un problema válido en contexto, estudiar el gasto de agua de los niños en una jornada lectiva pero no precisa la forma de medir el gasto. En el proceso de retroalimentación se percatan de la dificultad en obtener datos válidos y lo sustituye el problema por el estudio de la cantidad de agua que toman los niños en una jornada y proponen una pregunta de encuesta que garantiza la obtención de datos para el análisis. Las preguntas personalizadas que se emplearon como parte de la retroalimentación orientada para este grupo fueron: *¿Te refieres al consumo de agua en qué actividades?, ¿incluyes la gastada en el uso del baño? ¿y la limpieza?, ¿cómo puede un niño medir esas cantidades?*

Finalmente, dos de los grupos mostraron mejoras en las dos componentes analizadas: G2 y G5. Se observa en el grupo G2 que propone inicialmente estudiar la cantidad de residuos generados en un colegio dado pero no precisa el tipo de residuo, ni cómo medirlo. La versión refinada propone estudiar el tipo de residuo que más genera la escuela y concreta una pregunta de encuesta: *¿Cuál es el tipo de residuo que más tiras dentro de unas categorías dadas?* Esto lo lleva de nivel básico a avanzado en ambas componentes. El grupo 5 modifica

radicalmente el problema inicial relacionado con la calidad de la educación que evoluciona al interés por la asignatura de preferencia de los estudiantes. Las preguntas y comentarios personalizados que se emplearon para este grupo fueron: *¿Crees que este problema es interesante para niños de primaria? Medir la influencia de los recursos disponibles en la calidad de la educación no es un problema abordable por niños.*

DISCUSIÓN FINAL Y CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio refuerzan aún más el hecho de que la formulación de problemas estadísticos adecuados para el desarrollo de la alfabetización estadística y el sentido estadístico en los estudiantes de primaria es un proceso complejo, iterativo, que requiere de formación explícita y específica en el caso de los estudiantes para maestro (Arnold y Franklin, 2021; Frishmeier y Biehler, 2018; Leavy y Frischmeier, 2022).

Los problemas estadísticos propuestos por los futuros maestros en la primera fase del estudio experimental que se presenta en este artículo, en general muestran contextos interesantes y aptos para el alumnado de primaria; sin embargo, el ajuste estadístico se queda en un nivel básico (Tabla 3). En algunos casos esto se debe a dificultades para distinguir entre problema estadístico y determinista, en otros el problema de estudio es poco preciso o se refiere a poblaciones o muestras de un tamaño que generaría una cantidad de datos tan grande que difícilmente podrían ser tratados por estudiantes de primaria, elementos todos que afectan a la calidad del problema estadístico formulado (Arnold, 2013; Bargagliotti et al., 2020).

El proceso de retroalimentación diseñado para este estudio, basado en una rúbrica que establece niveles de desempeño para las categorías concretas que querían desarrollarse (Tabla 1) y preguntas orientadas formuladas a partir de los problemas estadísticos propuestos inicialmente por los participantes, logró una evolución positiva en los problemas de 5 de los 7 grupos de estudiantes, que alcanzaron el nivel avanzado para las dos categorías (Tabla 4). Podría decirse entonces que, en el contexto concreto en que se desarrolló esta investigación, el proceso de retroalimentación generó buenos resultados dado que la mayoría de grupos formuló problemas de mayor calidad. Esto refuerza la idea de que un proceso de

retroalimentación adecuado puede ayudar a los estudiantes para maestro a formular problemas estadísticos de calidad (Frishmeier y Biehler, 2018; Leavy y Frischmeier, 2022).

El aporte del proceso de retroalimentación planteado en este estudio estaría, por un lado, en el hecho de que la rúbrica explicita aspectos concretos que la literatura relaciona con la calidad de los problemas formulados y, por otro lado, que se entrega información combinando lo general de la rúbrica con lo concreto del problema formulado. Por otra parte, tiene como ventaja que es un proceso cuya implementación en el aula es factible, puede realizarse en tiempos razonables y es el propio estudiante quien tiene el rol fundamental en el refinamiento de su problema.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado gracias al apoyo del proyecto de investigación ForDiMat (PID2022- 139007NBI00) del MCIN/AEI/10.13039/501100011033/ FEDER, UE.

Referencias bibliográficas

- Arnold, P. y Franklin, C. (2021). What makes a good Statistical Question?, *Journal of Statistics and Data Science Education*, 29:1, 122-130.
- Arnold, P. M. (2013). *Statistical investigative questions: An enquiry into posing and answering investigative questions from existing data* [Doctoral dissertation, University of Auckland]. <https://researchspace.auckland.ac.nz/handle/2292/2130>
- Arteaga, P., Batanero, C., Contreras, J. M. y Cañadas, G. (2016). Evaluación de errores en la construcción de gráficos estadísticos elementales por futuros profesores. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 19 (1), 15-40.
- Ayala-Altamirano, C., Pinto, E., Molina, M. y Cañadas, M. C. (2023). Invención de problemas y sentencias como medio para evidenciar el pensamiento algebraico en educación primaria. En C. Jiménez-Gestal, Á. A. Magreñán, E. Badillo y P. Ivars (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXVI* (pp. 155–162). SEIEM.
- Bargagliotti, A., Franklin, C., Arnold, P., Gould, R., Johnson, S., Perez, L., y Spangler, D. (2020). *Pre K–12 Guidelines for Assessment and Instruction in Statistics Education (GAISE) report II*. American Statistical Association and National Council of Teachers of Mathematics.
- Carrillo, J., Montes, M. y Contreras, L. C. (2021). La competencia profesional en formulación de problemas escolares. En Grupo de Investigación de Didáctica de la Matemática -

Universidad de Alicante (Ed.). *Ideas para la educación matemática. Perspectivas desde el trabajo de M^a Luz Callejo de la Vega* (pp. 162-183). Compobell.

- Cai, J. y Hwang., S. (2020). Learning to teach through mathematical problem posing: Theoretical considerations, methodology, and directions for future research. *International Journal of Educational Research*, 102. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2019.01.001>.
- Embid, S., Perdomo-Díaz, J., Bruno, A., García-Alonso, I. y Sosa-Martín, D. (2023). Errores en la formulación de problemas de fracciones y efectos de la variable situación en futuros docentes de primaria. En C. Jiménez-Gestal, Á. A. Magreñán, E. Badillo, E. y P. Ivars (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXVI* (pp. 219–226). SEIEM
- Frischemeier, D., y Biehler, R. (2018). Stepwise development of statistical literacy and thinking in a statistics course for elementary preservice teachers. In: T. Dooley, & G. Gueudet (Eds.), *Proceedings of the 10th Congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (pp. 756–763). DCU Institute of Education and ERME. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01927856>.
- Guerra-Ones, V., Perdomo-Díaz J., Almeida-Cabrera R. y Torres-González M.D. (2023) Formulación de problemas e identificación de errores de los maestros en formación en la lectura del diagrama de barras. En C. Jiménez-Gestal, Á. A. Magreñán, E. Badillo, E. y P. Ivars (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXVI*, Poster No. 47, SEIEM 2024. https://www.seiem.es/docs/actas/27/Poster/Poster_47.pdf
- Izagirre, A., Anasagasti, J. y Berciano, A. (2023). Conocimiento estadístico del futuro profesorado de educación primaria en la representación de datos. *AIEM -Avances de investigación en educación matemática*, 24,111-130. <https://doi.org/10.35763/aiem24.4646seiem.es>.
- Kilpatrick, J., Swafford, J. & Findell, B. (Eds.) (2009). The Strands of Mathematical Proficiency. *Adding It Up: Helping Children Learn Mathematics* (7th ed.) (pp. 115-155). National Academy Press.
- Leavy, A. y Frischemeier D. (2022). Developing the statistical problem posing and problem refining skills of prospective teachers. *Statistical Education Research Journal*, 21 (1). <https://iase-pub.org/ojs/SERJ/article/view/226>
- Pfannkuch, M., y Horryng, J. (2004). Developing statistical thinking in a secondary school: A collaborative curriculum development. In G. Burrill & M. Camden (Eds.), *Curricular development in statistics education: International Association for Statistics Education 2004 Roundtable* (pp. 204–218). International Statistical Institute.
- <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.215.4633&rep=rep1&type=pdf>
- Wild, C. J. y Pfannkuch, M. (1999). Statistical Thinking in Empirical Enquiry. *International Statistical Review*, 67(3), 223-265.