

INFLUENCIA DE LA FORMACIÓN MATEMÁTICA EN LA RESOLUCIÓN DE TAREAS DE ESTIMACIÓN GEOMÉTRICAS

Influence of mathematical background when solving geometric estimation tasks

Orcos, L.^a, Magreñán, A.^a, Montejo-Gámez, J.^b

^aUniversidad de La Rioja, ^bUniversidad de Granada

Resumen

Se presenta un estudio comparativo entre los modelos desarrollados por 25 futuros profesores de primaria y 25 de secundaria para resolver tareas de estimación en los que las propiedades geométricas tridimensionales de los objetos resultan relevantes. El análisis de las producciones escritas desarrolladas por estos estudiantes a dos tareas de estas características revela que los futuros profesores de secundaria utilizan menos contenidos escolares para desarrollar sus estimaciones. No obstante, su mayor conocimiento se refleja en que utilizan respuestas más cercanas al contexto, y muestran tendencia al uso de múltiples estrategias, lo que se manifiesta en las propiedades de los modelos creados, que se discuten en relación con investigaciones previas.

Palabras clave: *problemas de Fermi, modelización, geometría 3D, formación de profesorado.*

Abstract

A comparative study is presented between the models developed by 25 primary school and 25 secondary school prospective teachers to solve estimation tasks in which 3D geometry is relevant. The analysis of the written productions developed by these students for two of these tasks reveals that prospective secondary school teachers use less school content in their estimations. However, their greater knowledge comes out when they use answers that are closer to the task context. They also show a tendency to use multiple strategies. This is shown in properties of the models created, which are discussed in relation to previous research.

Keywords: *Fermi problems, mathematical modelling, 3D geometry, teacher education.*

INTRODUCCIÓN Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

El actual contexto educativo demanda prácticas de enseñanza de las matemáticas que estimulen el desarrollo de competencias en todas las etapas preuniversitarias (López et al., 2020). Diferentes autores recomiendan las tareas de estimación para promover la reflexión sobre la pertinencia de dar soluciones exactas o aproximadas a problemas reales, o sobre el orden de magnitud de las unidades de medida y de los números (De Castro et al, 2004). Estas reflexiones son valiosas en la formación del alumnado de las enseñanzas obligatorias, pero sobre todo para el profesorado en formación, ya que amplía su visión sobre las matemáticas y su aprendizaje (Segovia y Castro, 2009).

Existen múltiples trabajos en educación matemática que ponen en valor el potencial de ciertas tareas de estimación para desarrollar competencias de modelización matemática (Ärlebäck y Bergsten, 2013). Es el caso de los denominados *problemas de Fermi*, que ilustran la pertinencia de investigar las tareas de estimación desde el punto de vista teórico de la modelización matemática. Este enfoque, materializado en estudios como los de Albarracín y Gorgorió (2014) o Segura (2022), aporta valor a la investigación sobre estimación. Por una parte, visibiliza su relevancia en el desarrollo de las competencias matemáticas del alumnado, como se ha comentado anteriormente. Por otra parte, la literatura en modelización proporciona herramientas de análisis de modelos escolares que resultan relevantes para estudiar procedimientos de estimación complejos. Ejemplos de ello son el instrumento

desarrollado por Ferrando et al. (2017), que permite indagar en las estrategias seguidas, o el de Montejo-Gómez et al. (2021), que pone el foco en los objetos y relaciones (tanto reales como matemáticos) que articulan una estimación.

Herramientas como las descritas permiten valorar el nivel de conocimiento matemático aplicado para resolver una tarea de estimación. Es esperable que resolutores con mayor conocimiento matemático generen modelos de mayor riqueza conceptual lo que implica, en el contexto de la formación del profesorado de matemáticas, que los estudiantes del máster profesionalizante para los niveles de secundaria y bachillerato sustenten sus modelos con mayor nivel de contenido que los estudiantes del grado en educación primaria. Estas diferencias entre el contenido matemático aplicado pueden ser más acusadas cuando las estimaciones involucran formas geométricas, dado que los futuros maestros de primaria muestran menor nivel cognitivo en geometría respecto de otros contenidos. Las situaciones que implican el uso de geometría tridimensional (3D) pueden dar lugar a diferencias mayores (Vargas et al., 2023). Este estudio persigue conocer el alcance de las mismas, lo que da lugar a la siguiente pregunta: ¿Influye la formación matemática de los futuros profesores en los modelos que desarrollan para abordar tareas de estimación de geometría 3D?

MARCO TEÓRICO Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

La estimación, entendida como un “juicio sobre el valor del resultado de una operación numérica o de la medida de una cantidad, en función de circunstancias individuales del que lo emite” (Segovia et al., 1989, p. 18), es una actividad matemática vinculada a la modelización matemática. Tal y como indican Pizarro et al., (2016), una estimación puede ser resultado de un proceso de modelización que simplifica una situación real a partir del establecimiento de hipótesis, la estimación directa de cantidades relevantes y los cálculos adecuados.

Los problemas de Fermi constituyen tareas de estimación de esta naturaleza. Su resolución no involucra necesariamente la aplicación de contenido matemático, lo que las hace especialmente pertinentes en el nivel de educación primaria (Peter-Koop, 2004) y en formación inicial de maestros (Segura, 2022). Existen familias de tareas de Fermi que, debido a sus características, han sido discutidas con mayor profundidad en la literatura. Este es el caso de los *problemas de estimación de un gran número de elementos en una superficie delimitada*, que fueron estudiadas por Segura (2022) en el contexto de formación inicial de maestros. Esta investigación analizó diferentes secuencias de estos problemas a partir del instrumento de Ferrando et al. (2017) y organizó los planes de resolución de los futuros maestros en cuatro categorías: (i) Recuento exhaustivo, que contiene los planes que intentan cuantificar directamente la cantidad de objetos a estimar; (ii) Linealización, que recoge los planes que plantean a un problema unidimensional cuya solución permite dar la estimación pedida, incluyendo aquellos que distribuyen idealmente los objetos en retícula sobre la superficie para dar la estimación; (iii) Unidad base, que engloba los planes que dividen el área de la superficie sobre la que se estima entre el área del objeto a estimar; y (iv) Densidad, que engloba los planes que seleccionan una región de la superficie inicial sobre la que se busca la estimación (puede ser el metro cuadrado), estiman la cantidad de objetos que caben en esa región y la multiplican por el número de veces que cabe esa región en la superficie inicial.

Las categorías descritas por Segura (2022) sintetizan los resultados de múltiples estudios sobre estos problemas de estimación de un gran número de elementos en una superficie delimitada. La aparición de dichas categorías puede atribuirse a dos propiedades de este tipo de problemas de estimación, que de algún modo los caracteriza. La primera es su carácter esencialmente bidimensional, es decir, son tareas en las que se puede obviar la naturaleza tridimensional de los objetos a estimar y de la región sin que ello induzca errores graves en la estimación. La segunda característica destacable es que se ocupan de la estimación de un gran número de elementos, lo que implica que el área del objeto a estimar es mucho menor que el área de la superficie sobre la que se estima. Esto implica, en particular, que las características de la frontera de la superficie ni la forma concreta de los objetos a estimar

afectan significativamente en la precisión de las estimaciones. A partir de estas dos características, Montejo-Gámez et al. (2024) plantean la pertinencia de analizar *tareas de estimación de geometría tridimensional (3D)*, es decir, problemas de estimación en los que las propiedades geométricas tridimensionales de los objetos del sistema real involucrados o la frontera de la región sobre la que se estima resultan relevantes para obtener una respuesta.

No se ha documentado aún un número alto de investigaciones estudiando las tareas de estimación de geometría tridimensional, pero existen trabajos orientados a comprender cómo son los modelos generados por futuros profesores ante este tipo de problemas. Uno de ellos fue conducido por Sevinc y Ferrando (2022), que exploraron las estrategias empleadas por futuros maestros de primaria para estimar el número de rollos de papel que caben en un armario, encontrando modelos que involucran propiedades geométricas relevantes como la orientación de los rollos dentro del armario, o su disposición. Otra investigación en este sentido fue desarrollada por Montejo-Gámez et al. (2024) que estudiaron los modelos generados por futuros maestros de primaria para estimar el número de racimos de uva que caben en una caja ortoédrica, e identificaron categorías de modelos con características compartidas: (i) Modelos de capas, que basan su respuesta en la multiplicación del número de racimos que caben en la base de la caja, una capa, por el número de capas que caben en la caja; (ii) Modelos de razón entre volúmenes, análogos a los de Unidad base de Segura (2022), en los que la estimación se obtenía dividiendo el volumen de la caja y el de un racimo y (iii) Modelos de razones entre longitudes, que fundamentan su estimación en el producto de tres razones: la existente entre los anchos de caja y racimo, entre sus largos y entre sus alturas. Estas categorías dan pistas sobre los modelos esperables ante otras tareas de estimación de geometría 3D.

Objetivos específicos

Para conocer la influencia de la formación matemática de los futuros profesores en sus modelos para resolver tareas de estimación de geometría 3D se plantean los siguientes objetivos específicos:

O1. Evaluar de forma comparativa la relevancia que conceden al contenido matemático los futuros profesores de matemáticas de primaria y de secundaria y bachillerato a la hora de abordar tareas de estimación de geometría 3D.

O2. Identificar propiedades de los modelos desarrollados por cada grupo de profesorado en formación inicial para caracterizar las diferencias y similitudes encontradas.

MÉTODO

El estudio forma parte de una investigación más amplia orientada a evaluar los modelos que desarrollan futuros profesores de matemáticas para abordar diferentes tareas de estimación de geometría 3D, así como la dependencia de los modelos respecto de la posibilidad de manipular los objetos reales involucrados en la estimación. El análisis de datos desarrollado para esta comunicación combina análisis cuantitativos y cualitativos, según se explica a continuación.

Participantes y recogida de datos

Han participado en el estudio 50 futuros profesores de matemáticas, sin formación específica en modelización, que están desarrollando su periodo de formación inicial en una universidad española: por una parte, 25 estudiantes del grado en educación primaria, cuya formación matemática previa incluye mayoritariamente las matemáticas propias del bachillerato de ciencias sociales. Además, estos participantes cursaron el año pasado la asignatura de matemáticas básicas para maestros incluida en su plan de estudios de grado. Por otra parte, 25 estudiantes del máster de profesorado en secundaria y bachillerato, que ya poseen un grado universitario en matemáticas o ingeniería. En ambos casos, el mismo docente fue quien dirigió la experiencia y dio las mismas instrucciones y el mismo tiempo de resolución. Estas instrucciones fueron que se leyera el enunciado y trataran de resolver los problemas

con el mayor número de estrategias diferentes. A lo largo de la sesión el docente respondió dudas, pero en ningún momento valoró estrategias ni resultados.

Como estímulo para el proceso de modelización se diseñaron cuatro tareas de estimación de geometría 3D dependientes de las formas de la región sobre la que se estima y de los objetos a estimar, el carácter deformable/rígido de ambos y la magnitud relativa entre región y objetos. Para este estudio se seleccionaron dos de características diferenciadas: en la Tarea A, la región de estimación (una caja) y los objetos a estimar (bolígrafos) son rígidos y tienen una geometría similar a formas escolares. En B, todos los elementos son deformables y la matematización de los objetos a estimar (las gomas) no está claramente determinada:

Tarea A: ¿Cuántos bolígrafos caben en la caja?

Tarea B: ¿Cuántas gomas caben en la bolsa?

Los participantes del estudio dispusieron de bolígrafos, cajas, gomas y bolsas, así como de otros objetos involucrados en las demás estimaciones, para resolver individualmente todas las tareas en 60 minutos. Para evitar bloqueos en los procesos de estimación se permitió trabajar formando los equipos habituales para el alumnado: en la sesión con los estudiantes del grado en educación primaria hubo un equipo de 2 componentes, otro de 3 y cinco de 4 componentes, mientras que en la sesión con los estudiantes de máster se crearon cinco equipos de 5 componentes. Estas dos sesiones permitieron recoger un conjunto de producciones escritas con los modelos desarrollados por los futuros profesores. En este estudio se analizan las producciones para las tareas A y B, por lo que la fuente de datos analizada en la presente comunicación está conformada por 100 registros.

Análisis de datos

El diseño de la investigación es de tipo mixto anidado concurrente, siendo el análisis cuantitativo el predominante. El análisis de los registros escritos partió de la selección de unidades de análisis similares a las definidas por Montejo-Gámez et al. (2024) para tareas de estimación de geometría 3D, que recogen la idea de modelo utilizada en esta investigación: (i) Fórmulas, que se refiere a todas las expresiones algebraicas escolares de cálculo de medidas que estaban explícitas o fueron aplicadas de forma evidente en las producciones, y (ii) Formas, que se refiere a figuras y formas geométricas escolares representadas en las producciones. De esta manera, para evaluar comparativamente la relevancia del contenido matemático en los modelos desarrollados por los futuros profesores de secundaria y de primaria (objetivo O1), se asumió que la introducción de fórmulas o formas son evidencias de uso de contenido matemático. Para cada tarea y grupo de futuros profesores se obtuvieron dos fracciones indicando las producciones que incluían alguna fórmula (resp., forma) respecto del total de producciones efectivas (con una respuesta identificable) para esa tarea. Después se contrastaron las diferencias entre las fracciones asociadas a los estudiantes del grado de primaria y los del máster de secundaria para cada tarea utilizando la prueba exacta de Fisher (Robles, 2008). Concretamente, se adoptó la hipótesis nula de independencia del uso de fórmulas (resp., formas) con relación al grupo de futuros profesores. Por otra parte, bajo un enfoque cualitativo, para identificar las características de los modelos e ilustrar las diferencias y similitudes encontradas entre los grupos de futuros profesores (O2) se revisaron las producciones escritas de cada grupo e identificaron elementos específicos para las tareas analizadas en este estudio con relación a las categorías obtenidas por las investigaciones encontradas en la literatura.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Relevancia del contenido matemático en los modelos producidos

La Tabla 1 muestra las fracciones de las producciones efectivas que incluyeron contenido matemático para desarrollar sus estimaciones en cada tarea. En la Tarea A, 19/25 de los estudiantes del grado de primaria emplearon fórmulas escolares de cálculo de medidas, 12 usaron la del área del círculo, 5 las del rectángulo/cuadrado y 2 la del hexágono (con el fin de calcular volúmenes de prismas). A su vez,

13/25 de estos estudiantes representaron formas geométricas como cilindros (en 9 casos), o prismas (en 4 casos). Estas cifras contrastan con las obtenidas en los estudiantes del máster de secundaria, ya que éstos recurrieron a fórmulas en 2 ocasiones y tan solo 3 de ellos usaron una representación pictórica de formas geométricas. Los resultados de la prueba exacta apoyan el carácter significativo de estos resultados, con unos valores del estadístico p menores de 0,01 tanto para las fórmulas como para las formas.

Tabla 1. Fracciones de los participantes que utilizaron fórmulas y formas para resolver las tareas, y resultados de la prueba de independencia respecto del grupo de futuros profesores (Elaboración propia)

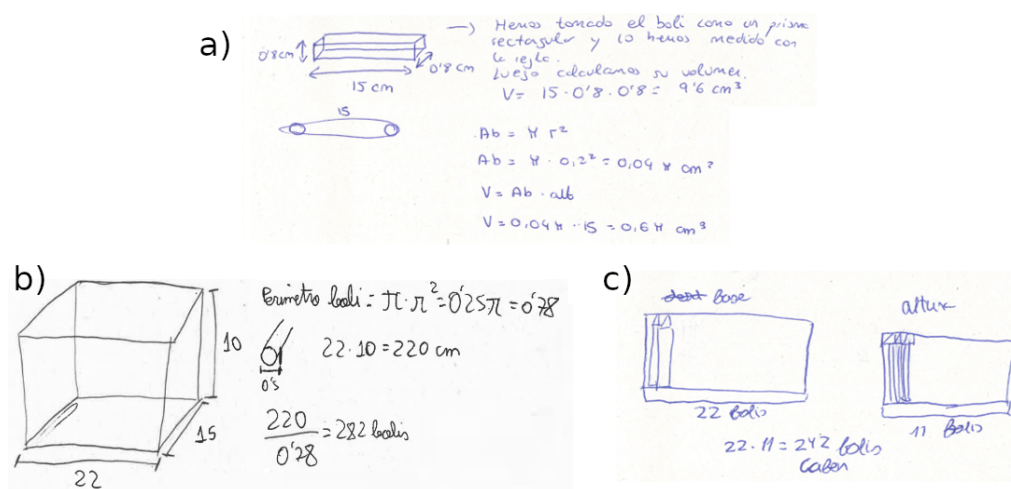
	Tarea A		Tarea B	
	Fórmulas	Formas	Fórmulas	Formas
Primaria	19/25 (76%)	13/25 (52%)	14/22 (63,6%)	17/22 (77,3%)
Secundaria	2/25 (8%)	3/25 (12%)	6/25 (24%)	6/25 (24%)
p (prueba exacta)	0,000002	0,005436	0,008545	0,000400

En la Tarea B, se observaron resultados similares: aproximadamente 2/3 de los estudiantes del grado de primaria introdujeron fórmulas en su estimación para calcular el área de una corona circular (en 11 casos) o de único círculo (en 3 casos). Este grupo de futuros profesores introdujo formas geométricas en sus producciones, que incluyen la diferencia de cilindros (que se registraron 12 veces) y cilindros (5 veces). Estos datos son diferentes a los estudiantes de máster, que utilizaron fórmulas y representaciones de formas geométricas en una cuarta parte de los casos. Las diferencias encontradas también son significativas, siendo el estadístico p de la prueba de Fisher menor de 0,01.

Modelos diseñados para la Tarea A

En el caso de los futuros maestros de primaria, han predominado aproximaciones basadas en la división entre el volumen de la caja y de un bolígrafo (Figura 1, a), que se asemejan a los modelos de razón entre volúmenes (Montejo-Gómez et al., 2024). Otros modelos aprovecharon que la longitud del bolígrafo coincide con una dimensión de la caja para reducir la estimación a problemas de menor dimensión. En particular, se han encontrado registros que dividen al área de una cara de la caja entre el área de la base del bolígrafo (Figura 1, b), estrategia similar a la de Unidad Base (Segura, 2022), y otros que recubren con bolígrafos caras de la caja (estrategia de linealización observada por Segura, 2022 en Figura 1, c) y multiplican los recuentos obtenidos para obtener la estimación en toda la caja (modelos de capas obtenidos por Montejo-Gómez et al., 2024).

Figura 1. Producciones de futuros maestros de primaria para resolver la Tarea A (Elaboración propia)



En el caso de los futuros profesores de secundaria, las producciones fueron más de tipo verbal. En la mayoría de los casos recurrieron a estrategias de Densidad (Segura, 2022): recurrieron a cantidades

intermedias más sencillas de estimar, como los bolígrafos que cubren la base de la caja (Figura 2, izquierda), o caben en un puñado (derecha) que después multiplicaron por la cantidad de veces que se necesita esa cantidad para llenar la caja. Tal y como se puede observar, los futuros maestros de primaria introdujeron más formas geométricas en sus producciones y usaron más fórmulas con datos obtenidos de medidas directas con regla, quizá por inseguridad o por estar habituados a su uso en las etapas previas a la universitaria. Sin embargo, los futuros profesores de secundaria mostraron mayor cercanía al contexto de la tarea y menor preocupación por la exactitud de las medidas, usando en varios casos múltiples estrategias y más creativas, lo que indica una mayor capacidad para dar una estimación lo más realista posible.

Figura 2. Producciones de futuros profesores de secundaria para resolver la Tarea A (Elaboración propia)

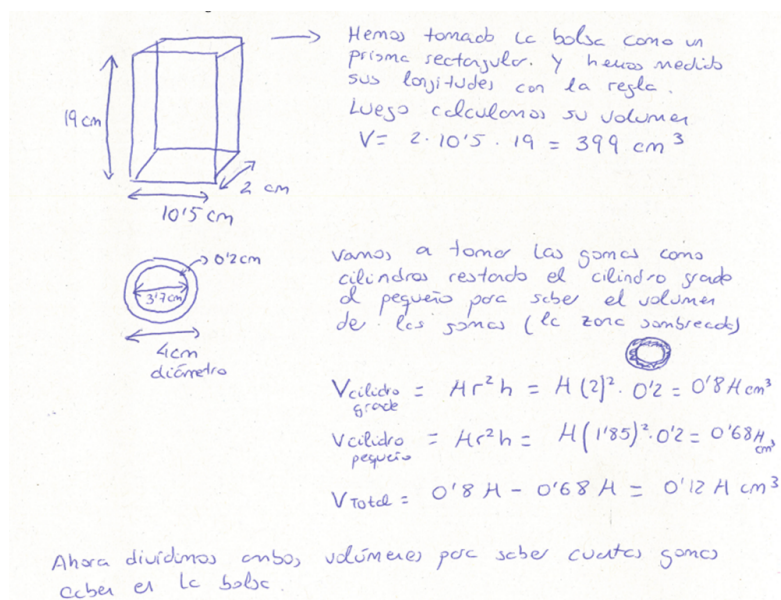
Llenando ordenadamente el fondo de la caja, caben 20 bolígrafos. Si construimos de nuevo una columna ordenada, caben 10 bolígrafos de alto, luego ~~hay~~ ^{cabén} aproximadamente 200 bolígrafos.

Otro método que hemos utilizado es coger un puñado de bolis y contar los bolis que hay en un puñado (28 aproximadamente). Pudo coger los bolis en tres puñados y medio, luego los bolis que había en la caja eran aproximadamente 100 bolígrafos. (ordenados cabrían más).

Modelos diseñados para la Tarea B

En esta tarea ambos grupos de profesorado mantuvieron las mismas tendencias que en la anterior. Los futuros maestros de primaria siguieron optando por el uso de fórmulas de volúmenes con datos tomados a partir de la medida directa, recurriendo a cilindros (Figura 3), prismas o coronas circulares para matematizar la goma. En este sentido, volvieron a predominar las ideas basadas en una razón entre volúmenes y unidad base reportadas por Segura (2022).

Figura 3. Producción de un futuro maestro de primaria para resolver la Tarea B (Elaboración propia)



Hemos tomado la bola como un prisma rectangular. Y hemos medido sus longitudes con la regla. Luego calculamos su volumen $V = 2 \cdot 10,5 \cdot 19 = 399 \text{ cm}^3$

Vamos a tomar las gomas como cilindros restando el cilindro grande al pequeño para saber el volumen de las gomas (la zona sombreada)

$V_{\text{cilindro grande}} = H r^2 h = H (2)^2 \cdot 0,2 = 0,8 H \text{ cm}^3$

$V_{\text{cilindro pequeño}} = H r^2 h = H (1,85)^2 \cdot 0,2 = 0,68 H \text{ cm}^3$

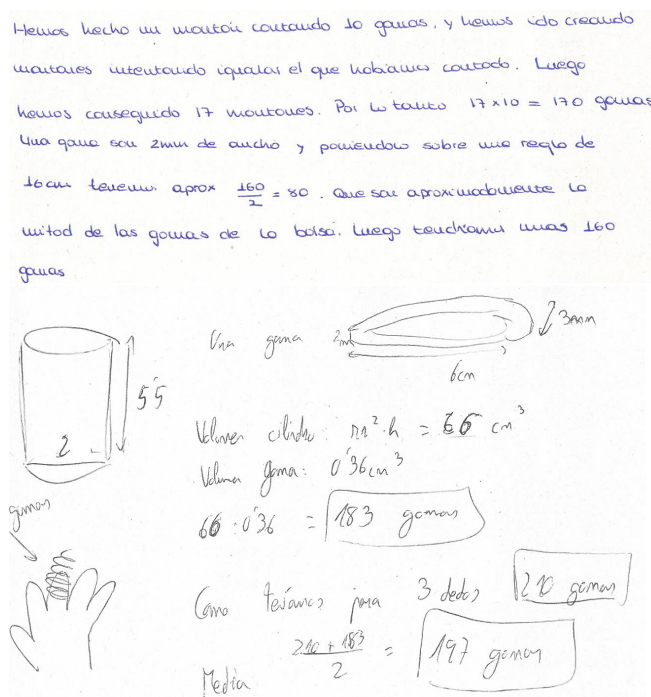
$V_{\text{total}} = 0,8 H - 0,68 H = 0,12 H \text{ cm}^3$

Ahora dividimos ambos volúmenes para saber cuántas gomas caben en la bola.

Por su parte, los futuros profesores de secundaria mostraron mayor predisposición a matematizar las gomas, como se ha señalado previamente. En cualquier caso, estos participantes siguieron buscando diferentes estrategias creativas basadas en cantidades intermedias (Figura 4, arriba), llegando algunos

de ellos a calcular promedios entre diferentes aproximaciones para dar una respuesta (Figura 4, debajo).

Figura 4. Producciones de futuros profesores de secundaria para resolver la Tarea B (Elaboración propia)



CONCLUSIÓN

Esta investigación analiza las diferencias entre el contenido matemático que aplican futuros profesores de matemáticas de primaria y de secundaria para abordar tareas de estimación de geometría 3D. En respuesta a la pregunta de investigación, se ha visto que la formación matemática influye en los modelos desarrollados por el profesorado en formación inicial, de manera que los participantes con formación matemática más avanzada utilizan menos contenidos escolares para desarrollar sus estimaciones, pero manifiestan mayor capacidad para dar estimaciones más precisas.

En relación al objetivo O1, se ha observado que los futuros maestros de educación primaria prestaron más atención a las fórmulas de cálculo, la forma geométrica de los objetos a estimar (que en ocasiones no eran relevantes) y la precisión en la medición de datos que los de secundaria. Este alumnado, ya en relación a O2, propuso más modelos de densidad (Segura, 2022) basados en estimaciones de grupos de objetos (puñados, montones) sobre los que se puede tener mayor intuición, evidenciando así más cercanía al contexto de las tareas planteadas que los del grado de primaria, que tendieron al cálculo de razones entre medidas (Montejo-Gámez et al., 2024). Así, el mayor nivel de competencia se reflejó en la predisposición a dar diferentes aproximaciones para resolver el mismo problema, así como en acciones como promediar varias respuestas.

Este trabajo presenta algunas debilidades que deben ponerse de manifiesto. La primera está relacionada con la muestra analizada, no solo por su tamaño sino porque es cuestionable si en otros contextos de formación de maestros podría encontrarse la misma predisposición al uso de contenido matemático que la observada en este trabajo. La segunda debilidad detectada está relacionada con la heterogeneidad en los tamaños de los equipos de trabajo, ya que es posible que los grupos más numerosos produjeran modelos más ricos. Finalmente, debe señalarse la elección de las tareas específicas, que han podido condicionar los modelos observados. En la Tarea A, por ejemplo, la longitud del bolígrafo coincidía con el largo de la caja, lo que ha propiciado el uso de modelos bidimensionales, que no serían esperables si la caja tuviera otras medidas. Finalmente, como línea de trabajo futuro surge el interés de analizar con mayor detalle diferentes tareas de estimación de

geometría 3D con el fin de comprender mejor los modelos que generan los futuros profesores ante este tipo de estimaciones, así como sus conexiones con las categorías estudiadas en la literatura. Además, los resultados de este estudio indican que un conocimiento matemático más avanzado sin formación específica en modelización conlleva mayor desarrollo competencial, lo que invita a analizar la pertinencia de estimular la competencia matemática trabajando solo tareas en contexto.

Referencias

- Albarracín, L. y Gorgorió, N. (2014). Devising a plan to solve Fermi problems involving large numbers. *Educational Studies in Mathematics*, 86(1), 79–96. <https://doi.org/10.1007/s10649-013-9528-9>
- Ärlebäck, J. B. y Bergsten, C. (2013). On the Use of Realistic Fermi Problems in Introducing Mathematical Modelling in Upper Secondary Mathematics. En R. Lesh, P. L. Galbraith, C. R. Haines, & A. Hurford (Eds.), *Modeling Students' Mathematical Modeling Competencies* (pp. 597–610). Springer.
- De Castro, C., Castro, E. y Segovia, I. (2004). Errores en el ajuste del valor posicional en tareas de estimación: Estudio con maestros en formación. En E. Castro y E. De la Torre (Eds.), *Actas del VIII Simposio de la SEIEM* (pp. 183–194). Universidad da Coruña.
- Ferrando, I., Albarracín, L., Gallart, C., García-Raffi, L.M. y Gorgorió, N. (2017). Análisis de los modelos matemáticos producidos durante la resolución de problemas de fermi. *Bolema*, 31(57), 220–242. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v31n57a11>
- López, M., Albarracín, L., Ferrando, I., Montejo-Gámez, J., Ramos, P., Serradó, A., Thibaut, E. y Mallavibarrena, R. (2020). La educación matemática en las enseñanzas obligatorias y el Bachillerato. En D. Martín de Diego, T. Chacón, G. Curbera, F. Marcellán y M. Siles (Coords.), *Libro Blanco de las Matemáticas* (pp. 1–94). Centro de Estudios Ramón Areces.
- Montejo-Gámez, J., Fernández-Ahumada, E. y Adamuz-Povedano, N. (2021). A Tool for the Characterization of School Mathematical Models, *Mathematics*, 9(13), 1569. <https://doi.org/10.3390/ma-th9131569>
- Montejo-Gámez, J., López-Centella, E. y Fernández-Ahumada, E. (2024). Solving Estimation Tasks: Novel Features of the Emerging Models When 3D Geometry Becomes Relevant. H-S. Siller, V. Geiger, G. Kaiser (Eds.), *Mathematical modelling education in disruptive/challenging times* (pp. 607–617). Springer.
- Peter-Koop, A. (2004). Fermi problems in primary mathematics classrooms: Pupils' Interactive modelling processes. En I. Putt, R. Faragher y M. McLean (Eds.), *Proceedings of the 27th annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia (MERGA)*, 27 (pp. 454–461). MERGA.
- Pizarro, N., Gorgorió, N. y Albarracín, L. (2016). Caracterización de las tareas de estimación y medición de magnitudes. *Números. Revista de Didáctica de las Matemáticas*, 91, 91–103.
- Robles, J. R. (2008). Prueba exacta para tablas de doble entrada con muestras pequeñas y proporciones extremas. *Analogías del comportamiento*, 10, 7–23.
- Segovia, I., Castro, E., Castro, E. y Rico, L. (1989). *Estimación en cálculo y medida*. Síntesis.
- Segovia, I. y Castro, E. (2009). La estimación en el cálculo y en la medida: fundamentación curricular e investigaciones desarrolladas en el Departamento de Didáctica de la Matemática de la Universidad de Granada. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 17(7), 499–536.
- Segura, C. (2022). *Flexibilidad y rendimiento en la resolución de problemas de estimación en contexto real. Un estudio con futuros maestros* [Tesis doctoral, Universidad de Valencia].
- Sevinc, S. y Ferrando, I. (2022). The Role of Representational Images in Fermi Problems: A Study on Prospective Teachers' Mathematical Modeling [Comunicación corta]. *20th International Conference on the Teaching of Mathematical Modelling and Applications (ICTMA20)*, Wurzburg, Alemania.
- Vargas, J. P., Vanegas, Y. y Giménez, J. (2023). Diseño de tareas geométricas en la formación de futuros profesores de primaria. En C. Jiménez-Gestal, Á. A. Magreñán, E. Badillo, E. y P. Ivars (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXVI* (pp. 531–538). SEIEM.