Problemas de Fermi: ¿Cuántos problemas de matemáticas aburridos resuelve un alumno a lo largo de su vida?

María Sanz Ruiz
Daniel Sadornil Renedo

SUMA+ núm. 111
pp. 51-60
Artículo solicitado por *Suma* en junio de 2026 y aceptado en septiembre de 2026

¿Cuántos afinadores de pianos hay en Chicago? ¿Cuánto dinero gastamos en tiza a lo largo de un curso? ¿Cuántas croquetas se comen en un día en España? Los problemas de Fermi son preguntas abiertas en las que es necesario hacer estimaciones para suplir carencias de datos concretos. Aunque resulte complicado dar una respuesta exacta, se pueden aventurar o encontrar con facilidad información relacionada con ella. Por ejemplo, es posible estimar la proporción de personas que tienen un piano en casa o cuánto dura la jornada de trabajo de un afinador, y una simple búsqueda en Internet permite averiguar que en Chicago hay aproximadamente 9 millones de habitantes o que los pianos deberían afinarse una vez al año.

Estas cuestiones, carentes de datos explícitos e indicaciones de cómo operar para resolverlas, parecen alejadas de lo que se ve en clase de matemáticas. Pero precisamente estas características hacen de ellos una herramienta de gran interés para trabajar en el aula. Así lo consideró el físico Enrico Fermi (1901–1954), que utilizó la estimación y cálculos sencillos para determinar el poder de la explosión nuclear generada por la bomba detonada en la prueba Trinity. Posteriormente, Fermi propondría a sus alumnos tareas como la de los afinadores mencionada anteriormente. Su objetivo, al igual que el nuestro, era fomentar habilidades de modelización y estimación.

En este artículo se describe una sesión centrada en problemas de Fermi que se lleva a cabo en el programa ESTALMAT Cantabria. Los alumnos llegan con unos conocimientos y visión de las matemáticas muy determinados que vienen marcados por el contexto en el que se encuentran. En la sesión, los estudiantes trabajan en la resolución de una serie de problemas. Durante este proceso, deben estimar los datos que

necesitan y determinar qué cálculos efectuar con ellos, movilizando así conocimientos que normalmente no se les exigen de manera explícita. Así se fomenta el desarrollo de actitudes y habilidades enmarcadas en una nueva forma de hacer matemáticas. Aunque esta sesión se lleva a cabo con alumnos veteranos del programa, de 3.º de ESO, experiencias similares (con leves cambios en los problemas y en la distribución del tiempo) se han llevado a cabo con grupos de este curso durante sus clases de instituto. Además, las actividades pueden ser adaptadas para otros contextos y etapas educativas.

Contexto del alumnado

Los alumnos que han realizado la sesión estudian bajo el marco de la LOMLOE (Ley Orgánica 3/2020, 2020). Esta ley señala varias competencias específicas (CE) que deben adquirirse en la materia de Matemáticas. Entre ellas, destaca la necesidad de interpretar y modelizar problemas de la vida cotidiana mediante distintas estrategias (competencia específica 1, CE1), evaluar las soluciones obtenidas (CE2) y desarrollar destrezas personales vinculadas al proceso de aprendizaje (CE9). A través de los problemas que se ven en la sesión y su forma de afrontarlos, se promueven estas competencias trabajándose especialmente saberes básicos propios de los sentidos numérico (cantidad, estimaciones, representaciones de cantidades, razonamiento proporcional), de la medida (magnitud, elección de unidades y operaciones adecuadas, medición, estimación), algebraico (modelización, transferencia de estrategias de resolución a otras situaciones) y socioafectivo (creencias, actitudes; iniciativa, trabajo en equipo).

Entre estos saberes, nos centramos especialmente en la modelización y el trabajo con cantidades. La modelización consiste en la expresión de fenómenos de la vida real en términos matemáticos, y, a través de operaciones abstractas, la obtención de conclusiones acerca de las situaciones que se estudian. Este proceso fue representado por Blum y Leiß (2007) en el diagrama que se muestra en la figura 1, donde la parte izquierda representa el mundo real, y la parte derecha el mundo de las matemáticas.

Los alumnos están acostumbrados a trabajar la modelización en el aula de matemáticas a través de los problemas tradicionales de texto mediante un proceso simplificado:

- Se proporciona un enunciado en forma de texto, con datos numéricos y una pregunta.
- Se identifican y extraen los datos.
- Se combinan estos datos por medio de procedimientos matemáticos.
- Se obtiene una solución numérica concreta y exacta, cuya validez (así como la del proceso entero) es confirmada por el docente.

En consecuencia, los alumnos han asimilado una visión sesgada de la modelización.

Por otra parte, entendemos por estimación el proceso de determinar el valor aproximado de una cantidad sin utilizar instrumentos de medida. Estimar está muy relacionado con la comprensión de magnitudes. En concreto, es habitual encontrar dificultades para distinguir entre cantidades grandes; un ejemplo es que las cantidades de un millón y un billón se suelen situar próximas en la recta numérica, cuando hay gran diferencia entre ellas. Un millón de segundos son 11 días y medio, pero un billón de segundos son, aproximadamente, 31 710 años. Trabajar con cifras de este tamaño conlleva el abandono de la intuición. A pesar de que la estimación aparece en la ley como parte de los sentidos numérico y de la medida, los alumnos comentan que en sus clases no están acostumbrados a estimar, sino que todos los resultados

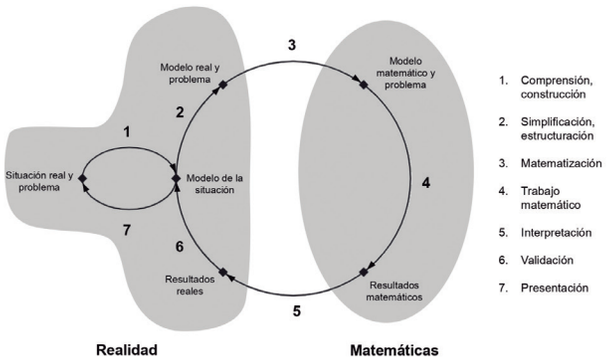


Figura 1. El ciclo de modelización

que obtienen son exactos y valorados por el docente. A lo largo de la sesión, se intentará que los alumnos desarrollen la habilidad de estimar, así como la de modelizar, y de esta manera amplíen su visión acerca de qué significa hacer matemáticas.

Desarrollo de la sesión

La sesión de problemas de Fermi comienza con una breve introducción, en la que se explica a los alumnos que Enrico Fermi fue un físico mayormente conocido por su participación en el Proyecto Manhattan. Además, fue profesor de universidad y planteó a sus alumnos los conocidos como problemas de Fermi. Tras la introducción, la sesión se estructura en tres partes: primero cuestiones guiadas con toda la clase, segundo trabajo en grupos y tercero resultados del trabajo en grupo.

CUESTIONES GUIADAS CON TODA LA CLASE

Después de la presentación, se comenta a los alumnos que van a tener la oportunidad de responder a un clásico problema que él planteaba, y se les proporciona el enunciado mencionado anteriormente:

¿Cuántos afinadores de pianos hay en Chicago?

Normalmente, los alumnos no están muy dispuestos a responder: en general no se sienten especialmente inclinados a participar en clase y, además, la pregunta les desconcierta por su ambigüedad y desconexión con lo que suelen ver en el aula. Para instarles a participar, se ofrece el premio de un caramelo al que más se acerque a la cifra correcta. Entonces, los alumnos comienzan a contestar a la pregunta con respuestas directas, sin fundamento. El tema en general no les resulta familiar: por eso los números que dicen abarcan un amplio rango: desde 2 hasta un millón, pasando por 200, 7 000… Algunos intentan ser muy precisos aventurando cifras muy específicas, como 537. Otros plantean dudas enfocadas a conseguir información, como «¿A qué viene esto?», «¿Qué es exactamente un afinador de pianos?», «Ah, pero ¿hay que afinar pianos? ¿Eso no lo hace el músico?». A menudo es necesario dejar aparte matemáticas para explicar cómo funciona un piano y por qué hay que recurrir al afinador cada cierto tiempo. Una vez recogidas las conjeturas de todos los alumnos, hay una gran expectación entre ellos por saber cuál será la solución correcta. Es este el momento en el que se les revela que, a lo largo de esta sesión, no van a obtener respuestas claras y directas, al contrario de lo que están acostumbrados a ver en el aula. Pero, entonces, ¿cómo sabrán quién se ha acercado más al número real de afinadores? (Y, ¿quién se lleva el caramelo?). No pueden calcularlo como si se tratase de un problema habitual; los alumnos se quejan de que el enunciado es ambiguo y faltan datos. Entre todos identifican qué datos pueden estar relacionados con la solución:

— ¿Cuántos habitantes hay en Chicago?
— ¿Cuántos viven en cada casa?
— ¿En cuántas casas habrá un piano?
— ¿Cada cuánto tiempo hay que afinarlo?
— ¿Cuánto tarda en afinarse?
— ¿Cuántas horas trabaja un afinador?

Todas estas preguntas se relacionan entre sí y son considerablemente más fáciles de responder que el enunciado inicial. Con la ayuda de todo el grupo, se buscan las respuestas: se debaten, se estiman, se escucha a aquellos que puedan saber más del tema. Se busca realizar la mejor estimación con medios a nuestro alcance: por ejemplo, no tendría sentido llamar por teléfono a todos los habitantes de Chicago para ver cuántos afinan pianos. En algunos casos, Internet puede proporcionar ayuda. Las cifras que se obtienen se pueden ver en la tabla 1.

Una vez obtenidos los datos, todo el grupo tiene claro qué cálculos hay que hacer con ellos. Por medio de multiplicaciones y divisiones (detalladas en la figura 2), se llega a la conclusión de que hay 225 afinadores de piano en Chicago.

A pesar de haber hallado una cifra exacta como solución al problema, se enfatiza que esta no coincide necesariamente con la realidad, sino que lo que importa es aproximarnos en cuanto a orden de magnitud. Los alumnos la comparan con sus respuestas iniciales para saber quién se ha aproximado más (y, por tanto,

quién se lleva el caramelo). En este proceso, reflexionan sobre cuánto se han aproximado: por ejemplo, el que respondió «un millón» se da cuenta de que, dado que hay 9 millones de habitantes, una de cada nueve personas tendría que trabajar como afinador, lo cual es bastante improbable. El que respondió «2», asimismo, concluye que no darían abasto. En cambio, la siguiente cuestión que se plantea al grupo no consiste en dar un resultado numérico, sino en encontrar la respuesta a una pregunta concreta:

DATO QUE FALTA	ESTIMACIÓN O APROXIMACIÓN QUE SE TOMA	CÓMO SE OBTIENE
¿Cuántos habitantes hay en Chicago?	9 millones	Consultado en Internet
¿Cuántos viven en cada casa?	2 habitantes por casa	Estimado (consenso entre el alumnado)
¿En cuántas casas hay un piano?	1 piano por cada 20 casas	Estimado (consenso entre el alumnado)
¿Cada cuánto tiempo se afina?	1 vez al año	Tras un debate entre los alumnos, el dato se les proporciona
¿Cuánto tiempo tarda en afinarse?	1 h de desplazamiento hasta la casa + 1 h de afinación = 2 h	El dato del tiempo de transporte se estima, llegando a un consenso entre todo el alumnado; el dato del tiempo de afinación se les proporciona tras un debate
¿Cuántas horas al día trabaja un afinador?	8 h al día, 5 días a la semana, 50 semanas al año	Estimado (consenso entre el alumnado)

Tabla 1. Proceso de estimación de los datos necesarios para resolver el problema

Si todos los habitantes de la Tierra nos apretujamos, ¿en qué parte del mundo podemos estar?

En este caso, la mayoría de los alumnos saben que hay aproximadamente 8 000 millones de habitantes. Sin embargo, es difícil convertir esta cantidad de personas en una medida de área, y resulta complicado estimar las áreas de diferentes regiones. Para realizar este problema, se va pidiendo a los alumnos que voten levantando la mano mientras se realizan las siguientes preguntas: ¿Cuántos creéis que entraremos todos en Asia? ¿Y en Europa? ¿Y en España? ¿Y en Cantabria? Antes de contestar, se fijan algunas reglas: no se puede subir una persona encima de otra, aunque sea un bebé, o en un piso alto de un edificio; solo se tendrá en cuenta la superficie del suelo, ignorando si hay parte ocupada por agua. En la pregunta sobre Asia, todos levantan la mano, aduciendo que el continente es amplio y contiene a gran parte de la población. A medida que se van haciendo las demás preguntas, cada vez más alumnos van bajando la mano, inseguros de que tanta gente pueda entrar en regiones tan pequeñas. Al final, nadie cree que puedan caber en Cantabria (a pesar de que todos conocen el eslogan publicitario «Cantabria Infinita»). Se les pregunta entonces qué cálculos habría que hacer para justificar sus respuestas, y tras un breve debate y una búsqueda de los datos necesarios, se plantea la pregunta que se puede leer en la figura 3.

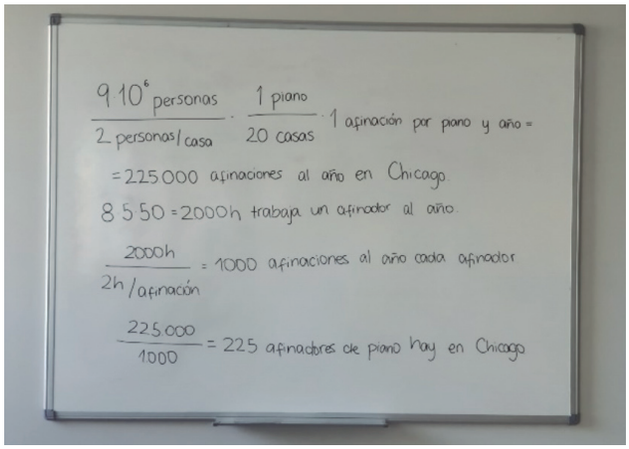


Figura 2. ¿Cuántos afinadores de piano hay en Chicago?

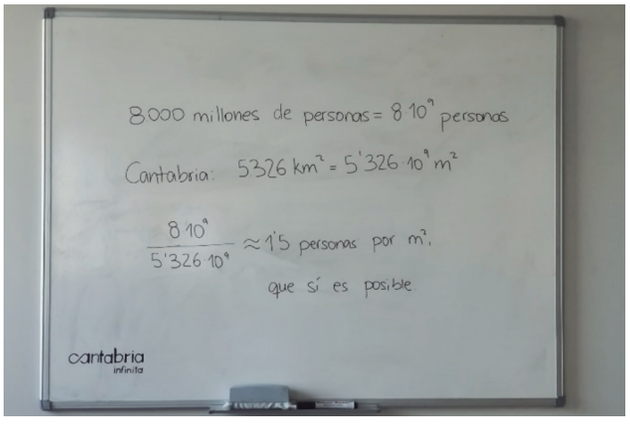


Figura 3. Si todos los habitantes de la Tierra nos apretujamos, ¿cabemos en Cantabria?

Por lo tanto, contraviniendo la intuición de los alumnos y dando la razón a los publicistas, se concluye que en Cantabria cabe todo el mundo.

TRABAJO EN GRUPOS

Tras realizar estas cuestiones, los alumnos desarrollan una intuición acerca de qué son los problemas de Fermi. También han conocido algunas estrategias para resolverlos, sirviéndose de competencias relativas a la estimación y la modelización. Para afianzar estas habilidades, se divide al alumnado en grupos reducidos de tres o cuatro personas, y se plantean dos problemas a cada grupo para que los resuelvan a lo largo de una hora. Los problemas propuestos se muestran a continuación, en la tabla 2.

A la hora de plantear los problemas, se procura que todos los grupos tengan una cuestión cuyo contexto les resulta más familiar o con elementos que puedan ver: en el caso de los grupos 1 y 2, hay preguntas sobre los materiales que ellos usan de manera cotidiana en el instituto y que pueden encontrar en la misma clase. El grupo 3 responde a preguntas sobre el aula en la que se desarrolla la actividad y se les pueden proporcionar varios caramelos para que vean cuánto miden. Del mismo modo, se deja al grupo 4 monedas y billetes para que puedan determinar su medida. La inclusión de preguntas relacionadas con contextos u objetos familiares es importante, dado que la familiaridad de los alumnos con estos elementos propicia la confianza en sus estimaciones y permite que se centren en el aspecto de modelizar. Por el contrario, en los otros problemas (agua, paella, croquetas y células) la principal dificultad radica en hacer estimaciones; los elementos que involucran siguen siendo cotidianos, pero las preguntas sobre ellos son más inusuales y algo disparatadas. La última cuestión del grupo 4 (¿Durante cuánto tiempo puede vivir una persona con ese dinero sin trabajar ni percibir ningún otro ingreso?) se considera la más compleja, pues implica, una vez calculado el dinero, tener en cuenta una gran cantidad de factores sobre gestión económica en la vida adulta, cuestiones que los alumnos, a su edad, están empezando a plantearse.

TRABAJO EN GRUPOS	
Grupo 1	A. ¿Cuántas cajas de tiza se usan en un instituto durante un curso completo? ¿Cuánto dinero cuestan? B. ¿Cuántas gotas de agua se necesitan para llenar un cubo? ¿Y para ducharse durante un mes?
Grupo 2	C. ¿Cuántos folios se usan en un instituto durante un curso completo? ¿Cuánto pesan? D. Si hacemos paella para todos los que estamos aquí, ¿cuántos granos de arroz tendremos que utilizar? ¿Cuánto dinero nos costará hacer la paella?
Grupo 3	E. Si llenamos el aula de caramelos, ¿cuántos nos tocan a cada uno? ¿Y a cada habitante de Santander? F. ¿Cuántas croquetas se comen en España durante un año? ¿Cuánto dinero cuestan?
Grupo 4	G. ¿Cuántas células hay en tu cuerpo? H. ¿Cuántos billetes de 5 € entran en una caja fuerte de un metro cúbico? ¿Y monedas de 1 €? ¿Durante cuánto tiempo puede vivir una persona con ese dinero sin trabajar ni percibir ningún otro ingreso?

Tabla 2. Problemas para trabajar por grupos

RESULTADOS DEL TRABAJO EN GRUPO

Después de trabajar en los problemas, comienza la parte de la sesión en la que se exponen los resultados. No se les pide que preparen ningún tipo de presentación oral pautada o soporte visual: simplemente tienen que anotar en la pizarra las estimaciones y operaciones que han hecho, justificándolas. Mientras lo hacen, el resto de los compañeros pueden interrumpir de forma ordenada para comentar o debatir aquellos aspectos con los que no estén de acuerdo.

Gran parte de las exposiciones se centra en explicar cómo se han realizado distintas estimaciones, especialmente de datos en los que hubiera dudas. Por ejemplo, los alumnos encontraron difícil estimar cuánto se puede escribir con una tiza antes de que se gaste; para determinarlo, hicieron ensayos pintando en una pizarra (figura 4). También tuvieron en cuenta que en una clase se pierden, tiran o rompen las tizas mucho antes de que se agoten.

De manera similar, el grupo 2 sugirió determinar cuánto pesa una hoja de papel sosteniéndola en las manos y comparándola con otros objetos (figura 5). Sin embargo, como se puede ver en su resolución final (figura 6), optaron por usar el peso estándar de 80 g/m^2 y el dato de que el tamaño *A0* es exactamente 1 m^2.

Para realizar estimaciones sobre los granos de arroz que hay en una paella, el grupo 2 tomó la medida estándar de media taza de arroz por persona; seguidamente, dibujaron a tamaño real la sección de una taza y su altura, intentando encajar granos de arroz en ellas (figura 7). Para evitar contar cuántos granos de arroz cabían en toda la base, la dividieron en ocho partes iguales, estimando cuántos granos cabrían en una después de dibujar unos pocos. En el caso de la altura, cabe destacar lo bien colocados que estaban los granos de arroz de las capas.

En este problema, los granos de arroz estaban desordenados dentro de la taza. En otros, la colocación de objetos circulares dio lugar a dudas. Por ejemplo, en el problema de llenar el aula de caramelos, se utilizaron dulces de varios tipos y formas (figura 8). En el de almacenar monedas en una caja fuerte, los



Figura 4. ¿Cuánto se puede escribir con una tiza?

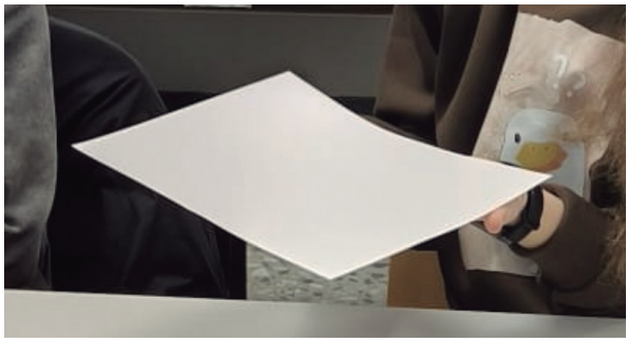


Figura 5. ¿Cuánto pesa una hoja de papel?

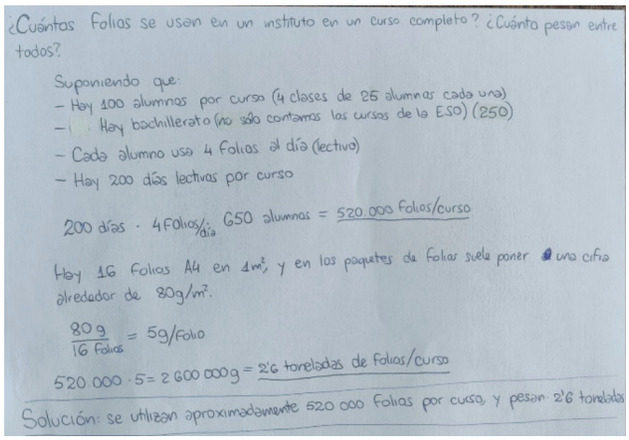


Figura 6. Solución del grupo 2 al problema C

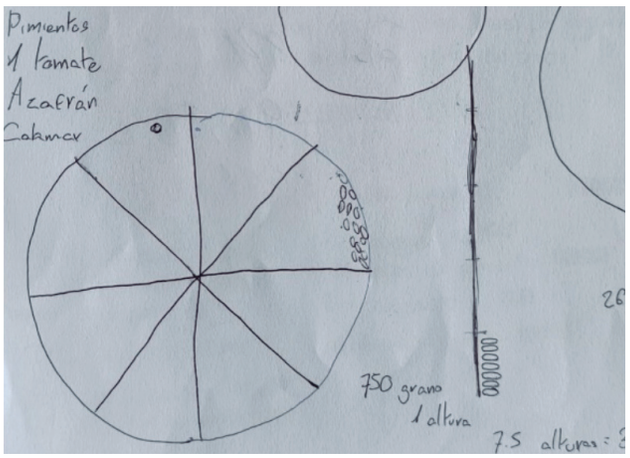


Figura 7. Estimación de cuántos granos de arroz caben en media taza



Figura 8. Colocación de caramelos cuadrados y monedas

alumnos intentaron colocar las monedas ordenadamente, como están en la figura 8; dado que modelizar esta disposición les resultaba difícil, optaron por tratar las monedas como si fueran cuadrados (figura 9).

Además de sus estrategias de resolución, los alumnos normalmente expresan al docente la poca familiaridad que tienen con este tipo de tareas en las que se les pide modelizar sin datos, tener que estimar y el trabajo con cantidades difíciles de interpretar. Sin embargo, conforme la sesión avanza, reconocen que disfrutan de trabajar con tareas tan abiertas.

¿Qué aprenden los alumnos?

A lo largo de la sesión, se pretende que los alumnos amplíen su visión de los problemas contextualizados, modelicen, estimen, trabajen con cantidades y, en general, desarrollen una actitud positiva hacia las matemáticas que estudian en el aula. En esta sección vamos a ver cómo su mentalidad cambia en cada uno de estos aspectos.

Los problemas contextualizados normalmente siguen una estructura (enunciado, datos, operaciones, solución). Es común que el alumnado entienda que la resolución de problemas está intrínsecamente unida a este proceso. En la sesión, se trabaja para que la visión de los alumnos acerca de qué es un problema de matemáticas se vea modificada. Los enunciados presentados carecen de datos numéricos; para

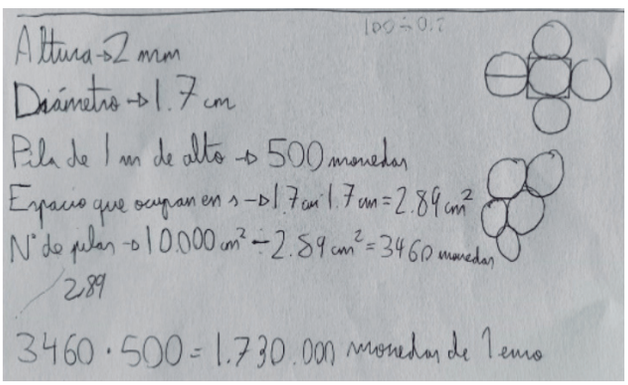


Figura 9. Modelización de cómo quedan colocadas las monedas

trabajar, es necesario apoyarse en conocimientos previos, búsqueda y estimación. Al obtener los datos de esta manera, la solución final no es necesariamente la que se corresponde con la realidad: no podemos asegurar que haya 225 afinadores de piano en Chicago y responder, por ejemplo, que hay 250 afinadores sería igual de válido si estuviera debidamente justificado. Al finalizar los problemas guiados, los alumnos expresan confusión porque son conscientes de que las soluciones obtenidas no se corresponden exactamente con la realidad; esto da lugar a una reflexión acerca de cómo es de importante en este tipo de problemas hallar la solución exacta. Lo que importa es el proceso usado para llegar a la respuesta; si está en un orden de magnitud adecuado, podemos considerar que es correcta. Al existir esta incertidumbre con respecto al resultado, la valoración que ofrezca el docente también debe ser ambigua: los alumnos se acostumbran a trabajar sin que el docente les confirme la corrección de su proceso y su resultado. Este cambio de paradigma tiene lugar especialmente durante el trabajo por grupos, en el que el docente debe evitar contestar a todas las cuestiones que se le hagan en busca de validación, recurriendo en su lugar a instar al alumnado a que ellos mismos revisen su resolución y ejerzan su autonomía.

La modelización juega un papel muy importante en los problemas de Fermi. Su resolución no consiste en hacer cálculos puramente matemáticos, sino en ir saltando entre el mundo real y el de las matemáticas: decidir la validez de sus estimaciones (realidad), hacer operaciones con ellas (matemáticas) y comprobar si esos resultados tienen sentido puestos en contexto (realidad), para otra vez operar con ellos (matemáticas)... Esta alternancia también se observa en Ärlebäck (2009), quien describe cómo, durante la resolución de problemas de Fermi, la atención de los alumnos oscila gran cantidad de veces entre el mundo real y las matemáticas. Este procedimiento se observa especialmente bien en el problema acerca de situar a toda la población mundial en un territorio: piensan cuántos habitantes hay y qué superficie tiene un territorio determinado (realidad), dividen para saber cuántas personas entran en él (matemáticas), y evalúan si el resultado es posible o incluso si pueden

caber más (realidad), en cuyo caso eligen otro territorio más pequeño (realidad) y repiten el proceso, dividiendo de nuevo la población (matemáticas) y valorando el resultado (realidad)… En algunos problemas, este proceso iterativo ocasiona un debate acerca de hasta qué punto es necesario refinar el resultado. Por ejemplo, en la cuestión ¿Cuánto dinero nos costará hacer la paella? El grupo tiene en cuenta no solo el arroz necesario para hacerla, sino también qué otros ingredientes se necesitan. Además de las polémicas asociadas a qué debería llevar una paella, se plantean otros aspectos como el agua, el gas o la electricidad usados. Estimar estos gastos supone una dificultad para los alumnos, debido a su desconocimiento sobre el tema, y los resultados que obtienen son muy parecidos a los anteriores. Llegan entonces a la conclusión de que es necesario no solo saber qué variables influyen en el resultado, sino también hasta qué punto son relevantes.

Como hemos visto, realizar estimaciones no siempre resulta fácil. Los alumnos no están acostumbrados a ello, y tienen la sensación de que los problemas no se deberían hacer así, de que están mal planteados. Sus primeras propuestas de solución no están muy fundamentadas; al ir avanzando, relacionan sus ideas con los datos que conocen o que pueden buscar, para valorar y modificar sus estimaciones iniciales. El problema de agrupar a la gente en el territorio proporciona un ejemplo de cómo las ideas iniciales pueden no ser realistas si el resultado es contraintuitivo. Estos ejemplos, por un lado, animan a los alumnos a enfrentarse a los problemas de una manera nueva, pero, por otro, les hacen darse cuenta de que estimar no es tan fácil. Cuando trabajan por grupos sin la guía constante del profesor, es habitual que expresen inseguridad acerca de sus estimaciones, especialmente cuando sus opiniones difieren de las de sus compañeros. Por ejemplo, en el problema de las croquetas, suele haber diversidad sobre cuántas croquetas come cada uno y con qué asiduidad. El consenso al que llegan consiste en tomar un valor medio: si algunos se comen cuatro y otros ocho por ración, se consideran seis croquetas. También observan que, en caso de que hagan una estimación desajustada, el error que esta ocasione se compensará con el resto de los datos del problema. Por otra parte, a veces los debates que llevan a cabo se salen de lo realista o matemático para entrar en otros ámbitos. En el problema de los billetes, en el que se debate si es mejor comprar o alquilar vivienda, o si vale la pena tener hijos o mascota, parece que todo se reduzca a la parte económica, aunque también indican que a los hijos y a las mascotas se les coge cariño. Otro ejemplo se ve en el problema de la ducha: algunos contabilizan una ducha al día; otros aducen que los días de entrenamiento o educación física hacen falta más, y otros no se duchan diariamente; cuando los alumnos preguntan cuál elegir, el docente no se moja en el debate.

Una vez decididas las cantidades que intervienen, no siempre es fácil trabajar con ellas. Nos duchamos una vez al día, sí, pero ¿cuántas gotas es eso? ¿Cuánta agua hay en una gota? ¿Qué es una gota? Si se juntan dos, no se obtiene el equivalente a dos, sino a una más grande. Es complicado cuantificar estas magnitudes cuando las unidades no están bien definidas. En otros problemas, como el de los caramelos en el aula, los alumnos abandonan las unidades estandarizadas en favor de otras menos convencionales: en lugar de medir longitudes, áreas y volúmenes en metros y sus derivados, como intentan al principio, se acaban decantando por utilizar elementos accesibles («El aula es dos Pablos de alta»; «El suelo son 12×17 baldosas enteras, y algunas que hay cortadas cerca de la pared»; «Podemos decir que el estuche de Marta mide de largo unos 10 caramelos, su paso son tres estuches y ya medimos el aula en sus pasos»). Por este motivo, a veces pueden surgir dudas acerca de lo que se está usando para medir. El docente puede aprovechar estas dudas para fomentar el uso de varias estrategias y la comparación de las soluciones a las que se llegan con ellas. Muchas de las soluciones comparten la característica de incluir cantidades inabarcables: $2{,}3 \cdot 10^{10}$ caramelos, o $1{,}8 \cdot 10^{10}$ gotas de agua, o cómo de pequeña es una célula comparada con todo el cuerpo humano. Ante esta dificultad, los alumnos deben asegurar que sus estimaciones y argumentos matemáticos sean correctos, pues han de apoyarse en ellos para asegurar que el resultado que obtienen es adecuado.

A lo largo de la resolución surge de manera natural el uso de contenidos que los alumnos han visto en el aula de matemáticas. Dos ejemplos claros de esto son las relaciones de proporcionalidad y la notación científica. Es habitual que los alumnos hagan comentarios sobre esto, especialmente cuando se trata de ideas que les han resultado difíciles: «Antes tenía muchos problemas con las reglas de tres, pero aquí veo claro que hay que usarla para calcular las tizas que se usan en todas estas clases» (Carla, 2022); «Quedan muchísimos ceros… No me gusta la notación científica, pero vamos a tener que usarla porque, si no, no nos entra el número de células en el papel» (Mario, 2026). Al sentirse obligados a utilizar estas ideas, se refuerza una actitud positiva hacia las matemáticas; en particular, hacia las matemáticas que estudian en clase, que en estos problemas resultan no solo útiles, sino necesarias. Los comentarios de los alumnos reflejan estas ideas: «He visto que no hay que tener miedo a los números grandes» (Álvaro, 2022); «Creo que así podría calcular cualquier cosa, aunque sea de manera aproximada» (Miriam, 2023). Así, el trabajo con problemas de Fermi ayuda a reforzar otros conocimientos que se han visto en clase y a fomentar una actitud positiva y confianza en las propias habilidades.

Conclusión: hágase su propia sesión de problemas de Fermi

El diseño de sesión de problemas de Fermi que se ha presentado en este artículo ofrece una manera de trabajar y unos enunciados muy concretos. Sin embargo, a la hora de usar este tipo de problemas existe una gran variedad de alternativas. En concreto, algunos enunciados que se diseñaron para esta sesión pero que no se suelen ver por falta de tiempo son los siguientes:

—¿Qué área podemos cubrir con las cajas de pizza que usan los españoles durante un año?
—¿Cuántos núcleos de maíz hacen falta para llenar una sala de cine de palomitas? ¿Qué volumen ocuparán antes de hacerse?
—Si desenrollamos todo el papel higiénico que usamos en un año, ¿hasta dónde podemos llegar?

Se anima a los lectores interesados a llevar al aula los problemas de Fermi y a utilizarlos. Otras fuentes de ideas se pueden encontrar en la bibliografía de este artículo, así como en el título de este artículo. Aunque aún no se sabe cuántos problemas de matemáticas aburridos resuelve un alumno a lo largo de su vida, sí queda claro que los problemas de Fermi no forman parte de este conteo. Desde el punto de vista docente, son tareas que resultan de gran interés para fomentar las habilidades de modelización y estimación, reforzar gran variedad de conocimientos matemáticos e impulsar actitudes de interés y confianza en la asignatura.

Recursos para encontrar problemas de Fermi

Albarracín, L. (2017), «Los problemas de Fermi como actividades para introducir la modelización: qué sabemos y qué más deberíamos saber», *Modelling in Science Education and Learning,* 10(2), 117–136, <https://doi.org/10.4995/msel.2017.7707>.

Weinstein, L. (2012), *Guesstimation: Solving Today's Problems on the Back of a Napkin,* Princeton University Press, Princeton.

Weinstein, L., y J. Adam (2009), *Guesstimation: Solving the World's Problems on the Back of a Cocktail Napkin,* Princeton University Press, Princeton.

Referencias bibliográficas

Ärlebäck, J. B. (2009), «On the use of realistic Fermi problems for introducing mathematical modelling in school», *The Mathematics Enthusiast,* 6(3), 331–364.

Blum, W., y D. Leiss, (2007), «How do Students and Teachers Deal with Modelling Problems?», en *C. Haines, P. Galbraith, W. Blum, S. Khan* (eds.), Mathematical Modelling, Woodhead Publishing, 222–231, <https://doi.org/10.1533/9780857099419.5.221>.

Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica

2/2006, de 3 de mayo, de Educación, Boletín Oficial del Estado, n.º 340, 30/12/2020, <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2020-17264>.

Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la Mejora de la Calidad Educativa, Boletín Oficial del Estado, 295, 10/12/2013, <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2013-12886>.

María Sanz Ruiz
Universidad de Cantabria
<maria.sanz@unican.es>

Daniel Sadornil Renedo
Universidad de Cantabria
<daniel.sadornil@unican.es>