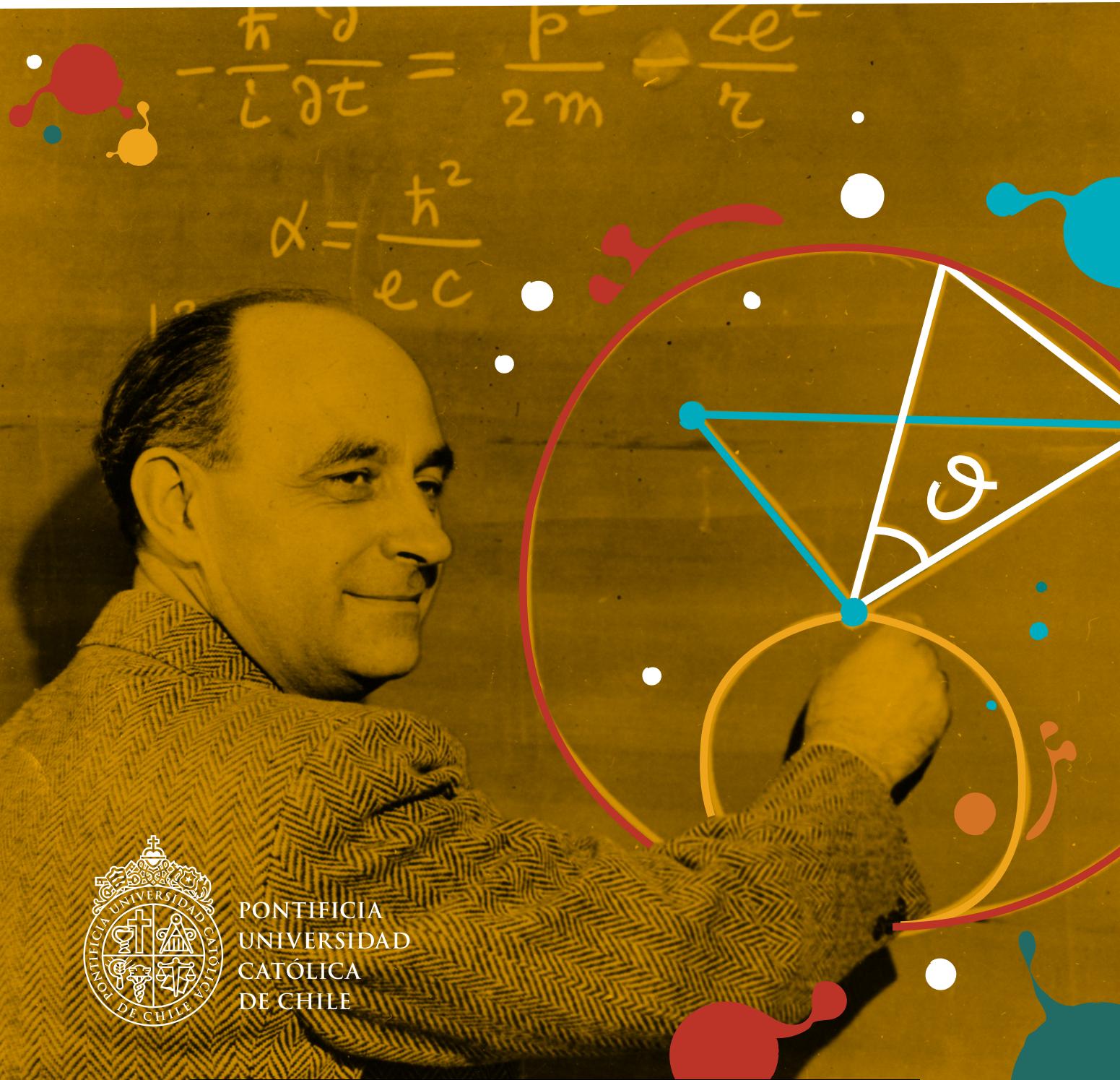


CIENTIFICA TU CASA 60+

# PROBLEMAS DE

## FERMI | RENATO LEWIN

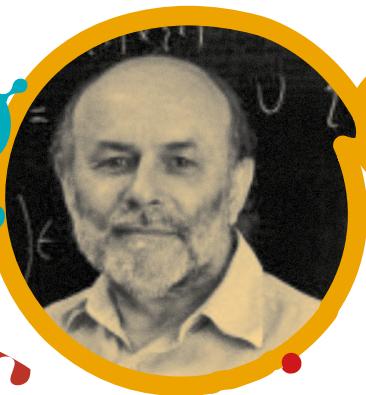
Profesor, Facultad de Matemáticas



PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CHILE

DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN • VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN

# PROBLEMAS DE FERMI



TALLER DICTADO POR  
**RENATO LEWIN**  
Facultad de Matemáticas

Sin ninguna provocación, Alberto, que es dado a divagar, me dice:

**En Antofagasta hay al menos dos personas que tienen la misma cantidad de pelos en la cabeza.**

Luego de cavilar sobre las curiosidades que cruzan lo que queda de la mente de mi amigo y dado que es domingo por la tarde me pregunté, **¿de dónde sacó este “dato”?**

Sin nada mejor que hacer, me puse a hacer algunas estimaciones. **¿Cuántos pelos tiene una cabellera humana?** Para responder esta pregunta debemos saber, en primer lugar, cuál es la superficie de una cabeza y en segundo lugar cuántos pelos caben en un centímetro cuadrado.

Una primera simplificación es que una cabeza es aproximadamente esférica y, a lo sumo, la mitad de su superficie está cubierta por la cabellera. El perímetro de mi cabeza mide unas tres cuartas, es decir aproximadamente 60 cm. Esto me dice que se trata de una esfera de 10 cm de radio.

Hago un esfuerzo de memoria y concluyo que la superficie que (antáño) ocupaba mi cabellera es de  $630 \text{ cm}^2$ .

Ahora me pregunto, **¿cuántos pelos caben en un  $\text{mm}^2$ ?** Claro, hay gente con cabelleras más densas que otras; sin embargo, mi impresión es que no puede haber más de tres o cuatro pelos por  $\text{mm}^2$ , es decir, a lo sumo debe haber 400 pelos por  $\text{cm}^2$ .

Con estos datos puedo calcular cuántos pelos tenía yo aproximadamente en mi juventud, a saber,  $630 \times 400 = 252.000$ .

En resumen, considerando que hay gente más cabezona que yo y que podría tener muchos más pelos, nadie puede tener más de 300.000 pelos en la cabeza y eso es exagerando<sup>1</sup>.

Por último le pregunto a Alberto,

**¿Y cuál es la población de Antofagasta?**

Cerca de cuatrocientos mil - me responde.

¡Maldito gusano! Era verdad.

1. En promedio, una persona tiene 70.000 pelos si es colorina, 105.000 si tiene cabello oscuro y 140.00 si es rubia. El número de pelos por  $\text{cm}^2$  es, en promedio, 250.

**EL PROBLEMA ANTERIOR CORRESPONDE A LOS LLAMADOS PROBLEMAS DE FERMI, EN HONOR AL GRAN FÍSICO ITALIANO ENRICO FERMI.**  
**SE TRATA DE PREGUNTAS EN LAS QUE NO HAY DATOS EXACTOS Y SE REQUIERE HACER ESTIMACIONES PARA ENCONTRAR UNA SOLUCIÓN APROXIMADA.**

El problema anterior corresponde a los llamados Problemas de Fermi, en honor al gran físico italiano Enrico Fermi.

Se trata de preguntas en las que no hay datos exactos y se requiere hacer estimaciones para encontrar una solución aproximada. En una primera lectura nos parece imposible resolverlo porque falta información; sin embargo, si dividimos el problema en subproblemas más pequeños, vemos que se estos pueden resolver sin recurrir a expertos, enciclopedias ni al ubicuo Google. Vemos que juntando estos pequeños resultados parciales podemos hacer una estimación razonable y para ello necesitamos, a lo más, un lápiz y una servilleta de papel.

La diferencia entre un problema de Fermi y una pregunta de ingenio como por ejemplo, ¿cómo medir cuatro litros si se cuenta con un jarro de tres y otro de cinco litros?, es que estos problemas contienen toda la información necesaria y se resuelven usando lógica y, a veces, algunos cálculos.

Los problemas de Fermi, además de la lógica, requieren de conocimientos o información que NO está incluida en el enunciado del problema y su solución siempre es aproximada. Naturalmente, la precisión de esta estimación depende de la precisión de las estimaciones de los pasos intermedios.

A pesar de que en cada paso hacemos estimaciones, al final se obtiene un resultado razonable. ¿Por qué? Sucede que los errores en las estimaciones tienden a compensarse, no es probable que en todos los pasos subestimemos o sobreestimemos las cantidades, en nuestro ejemplo, es posible que subestimemos la superficie capilar, pero en el paso siguiente podemos sobreestimar la cantidad de pelos por milímetro cuadrado. Lo que sucede entonces es que las subestimaciones compensan las sobreestimaciones. (Aunque en algunos casos conviene siempre sobreestimar, por ejemplo, cuando queremos estimar el máximo de una cantidad, por ejemplo el máximo de pelos de una cabellera. Lo mismo ocurre si queremos estimar un mínimo, deberemos siempre subestimar).



Veamos otro problema para repasar las ideas generales.

### ¿Se ha preguntado usted cuántos televisores hay en Santiago?

Necesitamos saber cuántas casas hay en Santiago y cuántos televisores hay en cada casa.

Santiago tiene casi 6.000.000 de habitantes. Podemos estimar que en cada casa viven entre tres y cuatro personas, digamos que hay 3,5 personas por cada casa. Eso nos dice que debe haber aproximadamente 1.700.000 residencias. Según he oído por ahí, casi el 100% de los hogares chilenos tiene televisor, es más, en la mayoría de las casas hay, al menos, dos televisores. Digamos que en promedio hay 1,5 televisores por casa. Tenemos entonces que en Santiago debe haber unos 2.500.000 televisores.

Hemos hecho cuatro estimaciones además de un par de redondeos o aproximaciones. Naturalmente podríamos buscar en Internet la cifra oficial calculada en el último censo; sin embargo, ¿no es más entretenido usar la neurona de la imaginación, del cálculo y del sentido común?

### ALGUNOS PROBLEMAS DE FERMI

- **¿Cuántos granos de trigo hay en un quintal?**
- **¿Cuál es el grosor de una hoja de papel de diario doblada dos veces?**  
¿Tres veces? ¿Veinte veces?
- **¿Cuántos kilos come una persona durante su vida?**
- **¿Cuántas personas se necesitan para formar una cadena humana tomada de la mano desde la Plaza de Armas en Santiago hasta la Plaza de la Victoria en Valparaíso?**
- **¿Cuánto dinero se necesita para formar esa misma cadena con monedas de un peso pegadas una con otra?**
- **¿Cuántos graduados producen anualmente las universidades chilenas?**
- **¿Cuántos ladrillos se usaron para construir su casa?**  
(Si su casa no es de ladrillos, estime cuántos serían necesarios para reconstruirla con ese material).
- **¿Cuántas revoluciones hizo la rueda de su vehículo en su último viaje?**
- **Si usted tuviera sus brazos extendidos, la Tierra estuviera en su mano derecha y la Luna en la izquierda, ¿a qué distancia estaría el Sol?**
- **¿Cuántos metros cuadrados de papel higiénico ha usado usted en su vida?**

2. Un quintal equivale a 100 kilos.



PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CHILE

CIENTIFICA TU CASA 60+

**PROBLEMAS DE**  
**FERMI** | **RENATO LEWIN**  
Profesor, Facultad de Matemáticas