

# NÚMEROS, TEOREMAS Y MINOTAUROS

**BENINCASA, PAOLO**

*Max-Planck-Institut für Physik, Werner-Heisenberg-Institut,  
D-80805 München, Alemania & Asociación Cultural “La  
Ricotta”, Lugar As Barreiras 10, 32769 Castro Caldelas,  
España*

## 1. Introducción y background

La información a la que accedemos diariamente está llena de afirmaciones con números y estadísticas. Su comprensión no depende de nuestro grado de educación, sino de nuestro grado de anumerismo, es decir nuestra inhabilidad de manejar números y azar. Más en general, desarrollar familiaridad con las dimensiones de las cosas, la habilidad de hacer estimaciones aproximadas a partir de unos hechos básicos, y la habilidad de manejar las probabilidades y la análisis del riesgo, por un lado nos permite tener una comprensión más profunda del mundo a nuestro alrededor, y por el otro proporciona una protección en contra de noticias falsas o engañosas. Preguntas como ¿Por qué la Tierra tiene el tamaño que observamos?, ¿Por qué un elefante tiene el tamaño que observamos?, ¿Por qué un animal acuático puede ser más grande? pueden ser contestadas a través de una simple estimación (Barrow J.D. y Tipler F.J., 1986), pero también a otras curiosidades (¿Cuanta orina hay en una piscina pública típica?) o a cuestiones más importantes (¿La capacidad de producción energética de España a partir únicamente de fuentes renovables puede satisfacer la actuar demanda?) es posible obtener una respuesta de la misma forma. En esta ponencia, ilustraremos a través de ejemplos la importancia de saber cuantificar una pregunta, estimar su respuesta, comprender las probabilidades simple y condicional, y su valor didáctico tanto para proporcionar al alumnado una herramienta importante para un conocimiento autónomo, como para que el alumnado pueda poner en contacto el curriculum escolar con cuestiones abiertas.

## 2. Observación, reflexión y estimación

En 1945 durante el Trinity test, Enrico Fermi estimó la energía emitida en la explosión de la primera bomba atómica dejando caer unos trozos de papel y considerando la distancia que habían recorrido bajo el efecto de la onda de choque. Su estimación fue de 10 kilotons de TNT, confirmada después varias semanas por el análisis de los datos de presión y velocidad de la onda de choque registrados por la instrumentación in situ (van Baeyer, 1988). Fermi consiguió tener una idea del fenómeno que estaba observando a través de cálculos sencillos. Éste método puede ser usado para contestar preguntas aparentemente sin respuesta sin ulteriores datos, ej. “¿Cuántos afinadores de pianos están en Chicago?” o “¿Cuanto mide el radio de la Tierra?”. La estrategia es: i) partir el problema en preguntas mas sencillas cuyas respuestas pueden ser estimadas; ii) si fuera el caso, seguir reduciéndolas a preguntas mas sencillas hasta llegar a poder estimar las respuestas; iii) recombinar las estimaciones; iv) comparar a algo razonablemente/no razonablemente standard. Podemos aplicarla, por ejemplo, a la segunda pregunta. Consideramos un viaje desde New York a Los Ángeles. Podemos conocer: el número de husos horarios (~3) y la distancia (~4800 km). Qué preguntas podemos contestar usando esa información? Aproximando

la Tierra como un esfera, sabemos que está cubierta con 24 husos horarios y la suma de las anchura de todos ellos proporciona la circunferencia de la Tierra. Usando la información a disposición, podemos estimar la anchura media de un huso horario ( $4800 \text{ km} / 3 = 1600 \text{ km}$ ) y la circunferencia ( $C = 24 * 1600 \text{ km} = 38400 \text{ km}$ ). El radio es estimable usando su relación con la circunferencia:  $r = C / 2\pi \sim 38400 / 6 \text{ km} = 6400 \text{ km}$ . ¿Cuanta es precisa nuestra estimación? Los valores conocidos son 6357 km en los polos, y 6378 km en el ecuador. ¡Nada mal! Una característica de este método es que la forma de llegar al resultado no es única, depende de la información a disposición. En nuestro ejemplo, habríamos podido considerar que el tamaño de la Tierra es la consecuencia del equilibrio entre la presión gravitatoria que quiere colapsarla y la presión atómica que actúa en sentido contrario:  $RT/ra \sim (Fem/Fg)1/2 \sim (10^{-8}/10^{-44})1/2 \sim 10^{18}$  donde  $RT$ ,  $ra$ ,  $Fem$ ,  $Fg$  indican respectivamente el radio de la Tierra, el radio del átomo, la fuerza electromagnética y la fuerza gravitatoria. El propósito de estos cálculos de servilleta no es tener un resultado preciso u obtener una respuesta definitiva a una cuestión: las estimaciones entran dentro un factor 10 de compatibilidad con la respuesta correcta y sirve para tener una idea concreta de la dimensión del problema – en el ejemplo del radio de la Tierra, las estimaciones nos informan que no es ni del orden 100 km ni de 100.000 km – con la idea que es mejor estar aproximadamente correctos, que precisamente equivocados. Este enfoque se puede aplicar a cualquiera cuestión que se consiga formular de forma cuantitativa.

### 3. Probabilidades, estadística y sus usos perversos

En los años 90 hubo un famoso caso judicial en el que el actor estadounidense O.J. Simpson fue juzgado por el asesinato de su pareja y el amante de ella. No obstante la existencia de varias pruebas forenses en contra de Simpson, el veredicto fue no culpable (BBC, 1995). Su abogado consiguió convencer al jurado a través del siguiente argumento: las mujeres pegadas por su pareja (estaba comprobado que Simpson maltratará a su pareja) en EE.UU. eran 4.000.000 al año, mientras que aquellas asesinada por su pareja eran 1432 al año, entonces sólo 1 de 2500 hombres que pegan a su pareja acaban matándola. Es decir, la probabilidad que su asistido fuera culpable era muy baja. El abogado quiso considerar la probabilidad que, si una persona pega a su pareja, acabe matándola. ¿Es correcto? Este tipo de probabilidad se llama probabilidad condicional: es la probabilidad que un evento ocurra si se verifica otro. Sin embargo, existe una segunda posibilidad: ¿Cuál es la probabilidad que el asesino sea su pareja? El dato conocido entonces en EE.UU. era el 98.6%. El resultado de estos dos razonamientos es diametralmente opuesto: en este último caso se ha invertido la condición y el evento que ocurre si la condición se realiza: la probabilidad que un evento A ocurra si ocurre un evento B es diferente de la probabilidad que el evento B ocurra si ocurre el evento A. Lo que distingue las dos probabilidades es la dirección entre el evento A y el evento B: para entender cuál dirección es correcta es necesario ponerse la pregunta correcta.

### 4. Conclusión

La capacidad de hacer estimaciones a partir de hechos básicos y de manejar aspectos estadísticos es de crucial importancia para entender el mundo que nos rodea y sus cuestiones abiertas, y limita nuestro anumerismo. Son habilidades que, por un lado pueden proporcionar al alumnado una comprensión más profunda del curriculum en ciencias (y no solo), y por el otro deberían ser parte del perfil educativo al proporcionar una herramienta concreta para tener una idea de temas que no son parte del propio bagaje de conocimiento. Una series de problemas de estimaciones pueden ser encontrados en varios libros, por ejemplo en los de Harte (1988) y Weinstein (2008).

## 5. Referencias

- Barrow, J.D. y Tipler F.J. (1986). *The Anthropic Principle*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Von Baeyer, H.C. (1988). How Fermi would have fixed it. *The Sciences*, 28, 2-4. doi: 10.1002/j.2326-1951.1988.tb03037.x
- Ford, A. y Newton, J. (04.11.1994). 12 Simpson Jurors Are Sworn In. *Los Ángeles Times*. Recuperado de <https://www.latimes.com/archives/la-xpm-1994-11-04-mn-58609-story.html>
- 1995: OJ Simpson verdict: 'Not guilty' (03.10.1995). BBC. Recuperado por [http://news.bbc.co.uk/onthisday/hi/dates/stories/october/3/newsid\\_2486000/2486673.stm](http://news.bbc.co.uk/onthisday/hi/dates/stories/october/3/newsid_2486000/2486673.stm)
- Harte, J. (1988). *Consider a Spherical Cow. A Course in Environmental Problem Solving*. Sausalito, EE.UU.: University Science Books.
- Weinstein, L. y Adam, J.A. (2008). *Guesstimation. Solving The World's Problems On The Back Of A Cocktail Napkin*. Princeton, EE.UU.: Princeton University Press.