



La ley de la muerte

Micromuertes, microvidas y la ley de Gompertz



EN 1825, EL ACTUARIO BRITÁNICO BENJAMIN GOMPERTZ descubrió una ley estadística capaz de determinar con una precisión asombrosa cómo aumenta nuestra tasa de mortalidad a medida que envejecemos. Hoy por hoy, el origen de dicha ley sigue siendo un misterio.

En la obra ya clásica *El hombre anu-mérico*, del matemático estadounidense John Allen Paulos, podemos leer que la probabilidad aproximada de no morir en un accidente doméstico es $P(\text{no morir en accidente doméstico}) = 98\%$. Y también que $P(\text{no morir de enfermedad pulmonar}) = 95\%$, $P(\text{no morir de locura}) = 90\%$, $P(\text{no morir de cáncer}) = 80\%$, y $P(\text{no morir de enfermedad cardíaca}) = 75\%$. De modo que la probabilidad de librarse individualmente de cada una de estas muertes resulta alentadora. Pero ¿cuál es la probabilidad de morir por alguna de estas causas?

Suponiendo que todas ellas son independientes entre sí, para calcular la probabilidad de no morir por ninguna de las razones enumeradas arriba debemos multiplicar las probabilidades. Así, tenemos que $P(\text{no morir por ninguna de las causas anteriores}) = 0,98 \times 0,95 \times 0,90 \times$

$0,80 \times 0,75 \approx 0,50$. Y ahora, utilizando la probabilidad complementaria, llegamos a la conclusión de que $P(\text{morir por alguna de estas causas}) = 1 - 0,50 = 0,50$. Es decir, la mitad de los lectores de esta columna sufrirá alguna de las muertes que acabamos de mencionar.

Las probabilidades anteriores son fáciles de entender, o eso pensamos quienes trabajamos habitualmente con la teoría de la probabilidad. Pero no es el caso del ciudadano común. Un riesgo de 1 entre 1000, que en ciencias actuariales se denomina «poco común», es para un ciudadano medio, sin referencia alguna a otras probabilidades de riesgo cotidiano, una información difusa a efectos prácticos. Así ha ocurrido este año, por ejemplo, con la reacción de los medios y de parte de la población frente al riesgo de morir por un trombo tras vacunarse contra la COVID-19. Una propuesta para solucionar estas situa-

ciones es el uso de la unidad *micromuerte*, un concepto introducido en los años setenta del pasado siglo por Ronald A. Howard, experto en teoría de la decisión.

Comparar micromuertes

Una micromuerte es una unidad de riesgo definida como una probabilidad de uno entre un millón de muerte súbita. Esto es aproximadamente la probabilidad de sacar 20 caras seguidas al lanzar una moneda justa ($1/2^{20} \approx 1/10^6$). Pero, para muchas personas, eso no transmite una información clara de la magnitud de esta microprobabilidad. Para conseguirlo, según los defensores de la unidad micromuerte, necesitamos usar el poder de la analogía y no el valor absoluto de las probabilidades.

La unidad micromuerte nos permite comparar los riesgos que conlleva, por ejemplo, una intervención médica, como vacunarse contra la COVID-19, y diferen-

tes actividades cotidianas que nos resultan más comprensibles. Así, por ejemplo, la probabilidad de morir por trombosis a causa de la vacuna contra la COVID-19 se estima en 1 entre un millón, aproximadamente; es decir, en una micromuerte. Por su parte, una administración de anestesia general conlleva un riesgo de fallecimiento del orden de 1 entre 100.000; es decir, 10 micromuertes.

Uno de los adalides de esta manera de ver las cosas es David Spiegelhalter, estadístico de la Universidad de Cambridge conocido cariñosamente como *profesor Riesgo*. Cuando le preguntan si algo es peligroso, su respuesta suele ser: «¿Peligroso comparado con *qué*?».

Así pues, compare el caso de la vacuna con el riesgo de 0,7 micromuertes asociadas a un día de esquí, o con 1 micromuerte por cada 300 kilómetros de viaje en coche. Y confronte también el riesgo asociado a la anestesia general con el de 10 micro-

muertes por una inmersión submarina, o con las 7 micromuertes asociadas a correr una maratón. Si no sentimos la más mínima sensación de peligro cada vez que decidimos hacer un viaje en coche o correr una maratón, deberíamos sentir la misma indiferencia —más allá de la falta de costumbre— a vacunarnos o a someternos a una operación con anestesia general.

Como escribe Spiegelhalter, lo anterior puede generar polémicas, como la que intencionadamente provocó el profesor David Nutt, asesor del Gobierno británico en materia de drogas, al afirmar que el riesgo asociado a la ingesta de éxtasis era equivalente al de montar a caballo. Pero, sin duda, comunicar y comprender bien el riesgo nos ayuda a tomar decisiones racionales. De otra forma, seguiremos anclados en las anécdotas nada representativas que circulan en el boca a boca o en Internet, como «mi abuelo fumó hasta el último minuto de sus 95 años» o «un

amigo de mi cuñado se curó de cáncer bebiendo zumo de apio». Aun suponiendo que tales historias sean ciertas, solo entrarían en la categoría de posibilidades, pero de ningún modo reflejarían una probabilidad, como sí parece deducir mucha gente.

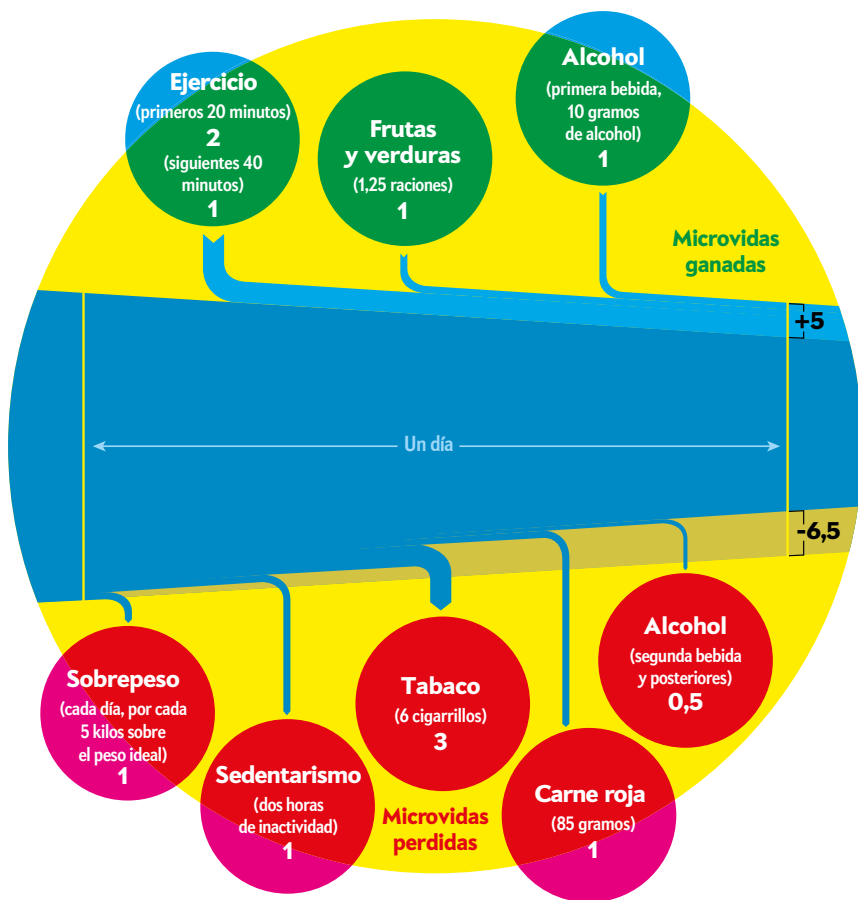
La unidad micromuerte no se aplica a riesgos crónicos. El tabaquismo o la ingesta sostenida de tocino matan a la larga, no en el acto. El riesgo en estos casos se expresa mejor como una reducción de la esperanza de vida. Por eso, Spiegelhalter acuñó otra unidad de riesgo: la microvida, la cual corresponde a una esperanza de vida de media hora. En la ilustración adjunta vemos, por ejemplo, que ganamos 2 microvidas haciendo 20 minutos de ejercicio y que perdemos 3 de ellas por cada 6 cigarrillos. Por cierto, observemos que mientras que las micromuertes no son acumulativas, las microvidas sí lo son. Perdemos una microvida diaria por cada 5 kilos de sobrepeso, pero la probabilidad de 10 micromuertes por saltar en paracaídas, por ejemplo, vuelve a ponerse a cero en cada salto.

La ley de Gompertz

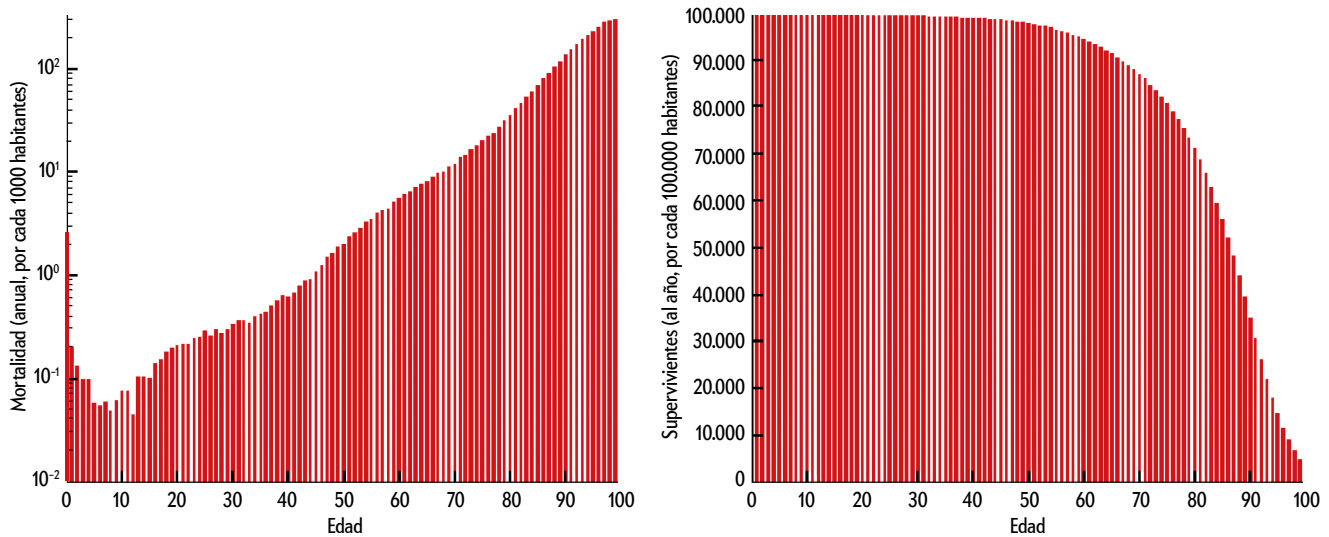
Ahora que ya tenemos una idea más precisa sobre qué nos va a matar, seguro que también deseamos saber cuándo. En 1825, el actuario británico Benjamin Gompertz descubrió una fascinante ley empírica que nos da la respuesta. Estadísticamente hablando, claro.

La tasa de mortalidad suele expresarse como el número de muertes que tienen lugar en una población por año y por mil habitantes. Por tanto, puede entenderse como nuestra probabilidad de morir a lo largo del próximo año. Gompertz encontró que, en los humanos, la tasa de mortalidad aumenta exponencialmente con la edad, y que lo hace de tal modo que la probabilidad de morir se duplica cada 8 años.

Por ejemplo, yo tengo 55 años. Y si consultamos las tablas de mortalidad más recientes del Instituto Nacional de Estadística (de 2019 cuando escribo estas líneas), encontramos que la tasa de mortalidad para los españoles de 55 años es de 3,6 por cada 1000 habitantes. Podemos interpretar este dato empírico como que la probabilidad de morir a la edad de 55 años es de $3,6/1000 = 0,0036$. Esto equivale a decir que todos los españoles de 55 años se juegan la vida en un macabro juego, donde cada uno lanza 8 veces una moneda y aquellos que obtienen por azar 8 caras mueren (esta última proba-



PARA MEJORAR LA COMUNICACIÓN del riesgo asociado a diferentes actividades, el estadístico David Spiegelhalter introdujo la unidad *microvida*, definida como una esperanza de vida de media hora. A partir de una colección de datos estadísticos referidos a la población general, es posible asociar una pérdida o ganancia de microvidas a distintos hábitos. Esta ilustración muestra algunos ejemplos.



LA LEY DE GOMPERTZ establece que, en los humanos, la probabilidad de morir se duplica cada 8 años. Estas gráficas incluyen las tasas de mortalidad (izquierda) y de supervivencia (derecha) en España según los datos publicados en 2019 por el Instituto Nacional de Estadística. Con excepción de la primera infancia, las cifras se ajustan a la ley de Gompertz casi a la perfección.

bilidad es en realidad algo mayor, ya que $1/2^8 = 0,0039$, pero se perdona por el impacto de la analogía).

Según la ley de Gompertz, si aún sigo vivo dentro de 8 años, mi probabilidad de morir se habrá doblado. Es decir, a mis 63 años será $0,0036 \times 2 = 0,0072$. Según las tablas del INE, es 0,0071. Ese año lanzaré solamente 7 veces la moneda, y así sucesivamente cada 8 años (si no la palmo antes, claro). Por cierto, fumar 20 cigarrillos al día aproximadamente duplica nuestra probabilidad de morir. De modo que, según la ley de Gompertz, es equivalente a restarnos 8 años con independencia de nuestra edad.

En la primera de las gráficas adjuntas hemos representado en ejes semilogarítmicos la mortalidad por edades para la población española en 2019, donde cada valor asociado a una edad representa el número medio de individuos de un total de 1000 con esa edad que mueren a lo largo del año. Claramente se observa que la tasa de mortalidad para los adultos aumenta exponencialmente con el tiempo. Los datos se ajustan a la ley de Gompertz casi a la perfección, con tasas de mortalidad que se duplican cada 8 años.

En la gráfica vemos también que la mortalidad en el primer año de vida asciende a 2,6: un alto valor que no vuelve a darse hasta los 52 años. Tras el trauma del nacimiento, la mortalidad cae hasta 0,0045 a los 12 años, la edad más «segura». A partir de ahí se incrementa sin piedad, hasta ajustarse a la ley de Gompertz

en el intervalo entre los 30 y los 80 años, con un crecimiento exponencial.

Las cosas se ven incluso peor si nos preguntamos por la probabilidad de supervivencia, la cual vemos representada en la segunda gráfica. Si la mortalidad crece exponencialmente con la edad, la probabilidad de supervivencia, a la que llamaremos $S(t)$, decrece superexponencialmente según la ley


$$S(t) = \exp[-0,0015 \cdot \exp((t - 25)/10)].$$

¡Una exponencial dentro de una exponencial! Este decrecimiento es tan sumamente rápido que, casi con certeza y en las condiciones actuales, ningún humano podrá superar los 125 años.

Al mostrar que, durante gran parte de la vida humana adulta, las tasas de mortalidad específicas por edad aumentan de manera exponencial, la ley de Gompertz acabó desempeñando un papel crucial en la estadística que sustenta, por ejemplo, la fijación de precios de los seguros de vida y las rentas vitalicias. Pero también, y a medida que el envejecimiento se convirtió en objeto de estudio científico, el modelo de Gompertz proporcionó una guía para la búsqueda de patrones semejantes no solo en los humanos, sino también en una amplia variedad de organismos.

De manera vergonzante, la esperanza de vida cambia enormemente de un país a otro, pero la ley de Gompertz persiste. De hecho, la misma ley se aplica a otras especies animales, para las que la probabilidad de morir se duplica cada cierto

número particular de años. Así pues, resulta plausible pensar, como ya hiciera el propio Gompertz, que si esta ley es independiente de todos los condicionantes nacionales, debe ser el organismo el que lleva fecha de caducidad, y que los mecanismos responsables son endógenos.

Hoy por hoy existen muchos modelos que intentan dar cuenta de esta ley, pero ninguno parece convencer al grueso de los investigadores. Así que, aunque ya tenemos claro cómo y cuándo vamos a morir, el por qué sigue siendo un secreto custodiado por la Parca. 

PARA SABER MÁS

The power of the MicroMort. David Spiegelhalter en *BJOG: An International Journal of Obstetrics and Gynaecology*, vol. 121, págs. 662-663, mayo de 2014.

Deciphering death: A commentary on Gompertz (1825) 'On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and on a new mode of determining the value of life contingencies'.

Thomas B. L. Kirkwood en *Philosophical Transactions of The Royal Society B*, vol. 370, art. 20140379, abril de 2015.

El hombre anumérico: El analfabetismo matemático y sus consecuencias. John Allen Paulos. Tusquets, 2016.

EN NUESTRO ARCHIVO

Correlación no implica causalidad. Bartolo Luque en *lyC*, julio de 2016.

Comunicar la incertidumbre. Jessica Hullman en *lyC*, noviembre de 2019.

El problema de la significación estadística. Lydia Denworth en *lyC*, diciembre de 2019.