

Sharon Bertsch McGrayne

La teoría que nunca murió

De cómo la regla de Bayes permitió descifrar
el código Enigma, perseguir los submarinos rusos
y emerger triunfante de dos siglos
de controversia



Hacia 1740 un clérigo británico, Thomas Bayes, enunció una regla que puede resumirse en pocas palabras: «si completamos nuestras suposiciones iniciales con nueva información objetiva, obtenemos una nueva y mejor suposición». Ferozmente discutida desde entonces, la teoría de Bayes tuvo un papel decisivo en objetivos tan distintos como descifrar los códigos alemanes durante la Segunda Guerra Mundial, combatir el cáncer o contribuir al desarrollo de los ordenadores. Gracias a ella, nos dice el profesor Lindley, «sabemos hoy cómo pensar racionalmente acerca de un mundo inseguro».

Lo que Sharon B. McGrayne ha conseguido en este libro, que James Berger, de la Duke University, ha definido como «una revelación y una lectura apasionante», es transformar un complejo tema matemático en una exposición comprensible para el lector medio, y en la sorprendente historia de dos siglos de acontecimientos tan diversos como la liberación del capitán Alfred Dreyfus o la búsqueda de las bombas de Palomares.

Cuando los hechos cambian, yo modifico mi opinión. ¿Y usted qué hace, señor?

JOHN MAYNARD KEYNES

Prefacio y nota a los lectores

En 1912 los geólogos protagonizaron un célebre ejemplo de práctica científica fallida, puesto que tras acumular un buen número de pruebas relacionadas con la deriva continental se pasaron cincuenta años argumentando que los continentes no pueden desplazarse.

La batalla científica que se suscitó en torno a la regla de Bayes no es tan famosa, pero su duración fue muy superior, ya que se prolongó por espacio de ciento cincuenta años. Se hallaba vinculada a una interrogante de mayor amplitud y más fundamental carácter: la de cómo analizar las pruebas, cómo modificar nuestro punto de vista conforme vamos adquiriendo nueva información, y cómo tomar decisiones racionales frente a la incertidumbre. Y es más: habría que esperar a cruzar el umbral del siglo XXI para poder dar respuesta a esta triple pregunta.

A primera vista, la regla de Bayes es un sencillo y brevísimo teorema cuyo enunciado se reduce a lo siguiente: al actualizar la opinión que inicialmente teníamos sobre algo por disponer de nueva información objetiva llegamos a un planteamiento renovado y mejor. A los ojos de quienes lo juzgan útil, se trata de una proposición elegante vinculada con el modo en que aprendemos de la experiencia. Son muchas las generaciones de adeptos de esta fórmula que recuerdan haber experimentado poco menos que una revelación religiosa al caer bajo el hechizo de su lógica interna. Sus detractores, por el contrario, consideran que la regla de Bayes es sencillamente el desvarío de una subjetividad desbocada.

La regla de Bayes vino al mundo en la Inglaterra de la década de 1740, en medio de una incendiaria polémica religiosa marcada por la siguiente cuestión: ¿es posible establecer conclusiones racionales relativas a Dios sobre la base de las pruebas que nos proporciona el mundo en torno? El reverendo Thomas Bayes, amante de las matemáticas, fue el descubridor de dicho teorema, de modo que hoy se le venera como al emblemático padre de la toma de decisiones en el ámbito de las matemáticas. Sin embargo, Bayes dejó que su hallazgo cayera en el olvido, puesto que en su época no era sino una figura de importancia secundaria. Y si hoy hemos llegado a tener noticia de sus trabajos se debe únicamente a su amigo y editor Richard Price, un héroe prácticamente olvidado de la Revolución estadounidense.

En justicia, la regla de Bayes debería llevar el nombre de otra persona: el de un francés llamado Pierre-Simon Laplace, uno de los matemáticos y científicos de mayor fuste que ha conocido la historia. En el año 1774, viéndose obligado a organizar un flujo de datos carente de todo precedente, Laplace descubriría independientemente el teorema que nos ocupa. Dedicaría cuarenta años a desarrollar dicho principio hasta conferirle la forma en que hoy lo utilizamos. Aplicando su método, llegaría a la conclusión de que un dato bien contrastado —el de que nacen más niños que niñas— tenía que emanar, casi con toda certeza, de una ley natural. Son sólo las convenciones históricas las que nos obligan a dar el nombre de regla de Bayes al descubrimiento de Laplace.

Tras el fallecimiento del sabio francés, los investigadores y académicos centrados en la búsqueda de respuestas precisas y objetivas dictaminarían que el método que éste había planteado era de carácter subjetivo, de modo que, resultando inservible, lo declararon inerte y echaron tierra sobre él. Sin embargo, por esa misma época, los estudiosos dedicados a la resolución de problemas prácticos empezaron a valerse de su sistema para abordar el análisis de las

emergencias que plantea la vida cotidiana. En el transcurso de la segunda guerra mundial se produciría un logro espectacular al partir Alan Turing del teorema de Bayes para desentrañar el cifrado de las máquinas Enigma, un conjunto de dispositivos que empleaban el código secreto de la armada alemana. Los trabajos de Turing estaban llamados a contribuir tanto a la salvación de Gran Bretaña como a la invención de los modernos ordenadores electrónicos y sus programas lógicos. Otros destacados pensadores matemáticos, como Andréi Kolmogórov en Rusia y Claude Shannon en Nueva York, también habrían de reformular el teorema de Bayes durante el período bélico a fin de aplicarlo a la adopción de decisiones críticas.

En los mismos años en que los teóricos especulativos instalados en sus torres de marfil creían haber arrumbado absoluta y definitivamente el teorema de Bayes, el mismo principio matemático que habían declarado tabú ayudaba a poner en marcha el sistema de seguros de accidente de los trabajadores estadounidenses; salvaba a la red de telefonía Bell del pánico financiero desatado a lo largo del año 1907; sacaba a Alfred Dreyfus de su prisión francesa; proporcionaba dianas fiables a la artillería aliada; localizaba submarinos alemanes; y señalaba el epicentro de los terremotos para deducir (erróneamente) que el núcleo de la Tierra estaba compuesto de hierro fundido.

En términos teóricos, la regla de Bayes era un método *verboten*. Sin embargo, podía tratar todo tipo de datos, ya fuesen éstos abundantes o escasos. Durante la guerra fría, el principio de Bayes serviría para dar con el paradero de una bomba de hidrógeno perdida y con varios submarinos estadounidenses y rusos; ayudaría a determinar la seguridad de las plantas de producción de energía nuclear; a predecir la tragedia del transbordador espacial *Challenger* en el año 1986; a demostrar que el tabaco provoca cáncer de pulmón y que una elevada tasa de colesterol en sangre es una de las causas desencadenantes del infarto de miocar-

dio; a predecir el ganador de la carrera presidencial en los más populares programas de noticias de la televisión estadounidense y a elucidar otras muchas cosas.

Al margen de todos estos éxitos, ¿qué otra cosa podría venir a determinar que los científicos racionales, los matemáticos y los estadísticos se obsesionaran con este teorema hasta el punto de enzarzarse en lo que un observador llegaría a calificar como una «reyerta elemental y generalizada»? La respuesta es muy sencilla. En esencia, la regla de Bayes contradice la arraigadísima convicción de que la ciencia moderna requiere objetividad y precisión. El teorema de Bayes permite valorar una creencia, y nos indica que no sólo es posible adquirir conocimiento aunque nos falten datos o éstos resulten inadecuados, sino que da en añadir que el saber puede obtenerse partiendo de aproximaciones e incluso de la ignorancia.

Y una de las consecuencias de este profundo desacuerdo filosófico se concreta en una curiosa circunstancia: la de que la regla de Bayes sea en último término el relato vívido y personal de las experiencias de un pequeño grupo de atribulados partidarios de su potencial, obligados a dedicar buena parte del siglo XX a lograr que se les acepte y a reivindicar combativamente su propia legitimidad.

La peripecia de la regla de Bayes nos remite de este modo a su implicación en los secretos de la segunda guerra mundial y a la posterior guerra fría, a los apuros de un teorema carente de la potencia de cálculo que nos ofrecen hoy los ordenadores y los paquetes de programación lógica. Su destino es el de un método que —renovado por la acción de eruditos independientes procedentes de campos como los de la física, la ciencia informática y la inteligencia artificial— acabaría siendo aceptado por todos, y poco menos que de la noche a la mañana, porque empezó de pronto a resultar operativo. Y de ese modo, en lo que habría de ser un nuevo tipo de cambio de paradigma destinado a satisfacer las necesidades de un mundo más pragmático, el hom-

bre que había dicho que la regla de Bayes era «la cocaína cristalizada de la estadística [...] por resultar un teorema seductor, adictivo y a la postre catastrófico», comenzó a reclutar expertos en ese principio para la compañía Google.

En la actualidad, los filtros bayesianos que detectan el correo indeseado buscan contenidos pornográficos y mensajes fraudulentos en la basura de nuestros ordenadores. Cuando un barco naufraga, el guardacostas recurre a un sistema basado en el teorema de Bayes y localiza a los supervivientes del siniestro, que en ocasiones pueden llevar semanas flotando a la deriva en una o más balsas de fortuna. Con este mismo método descubren los científicos el funcionamiento de los genes y la forma de controlarlos y regularlos. El sistema de Bayes ha logrado ganar incluso algún que otro premio Nobel. Y en las conexiones a Internet, la regla de Bayes tiende sus redes de rastreo y facilita la venta de canciones y películas. Ha penetrado en la informática, en la inteligencia artificial, en las fórmulas de aprendizaje automático, en los pasillos de Wall Street, en la astronomía, en la física, en la seguridad nacional y en algunas grandes empresas como Microsoft y Google. Ayuda a los ordenadores a traducir un determinado texto de una lengua a otra, demoliendo el milenario dilema al que viene enfrentándose el mundo desde la Torre de Babel. Se ha convertido en una metáfora útil para explicar la forma en que opera y aprende nuestro cerebro. Y los bayesianos más destacados han llegado a actuar incluso como asesores de distintas agencias gubernamentales, ya sea en el ámbito de la energía, en el de la educación o en el de la investigación.

Sin embargo, el alcance de la regla de Bayes no se reduce al de una simple y oscura polémica científica arrumbada por la historia. Nos afecta a todos. Constituye una lógica que permite razonar en el amplio espectro vital que asienta en las zonas grises situadas entre la verdad absoluta y la completa incertidumbre. Al interrogarnos sobre algo, es muy frecuente que la información con que contemos no re-

presente sino una pequeña fracción de toda la que existe. Sin embargo, todo el mundo desea poder realizar predicciones basadas en nuestras experiencias pretéritas, y lo cierto es que acostumbramos a cambiar nuestros puntos de vista al adquirir nueva información. Tras padecer durante largos años el vehemente desdén de muchos eruditos, el teorema de Bayes ha terminado ofreciéndonos un modo de concebir racionalmente el mundo que nos rodea.

El presente libro relata los pormenores que jalonan esta extraordinaria transformación.

Nota: es muy posible que el lector atento advierta que en esta obra se utiliza muchas veces la palabra «probabilidad». En el habla habitual, la mayoría de la gente considera que las voces «probabilidad» (*probability*), «verosimilitud» (*likelihood*) y «cuota» de posibilidad (*odds*) son equivalentes.^[P_i] Sin embargo, en la esfera de la estadística no se trata de expresiones sinónimas, puesto que poseen significados técnicos diferentes. Y dado que en esta *Teoría inmortal* he tratado de emplear correctamente la terminología vigente, el vocablo «probabilidad» aparecerá efectivamente en numerosas ocasiones.

Primera parte

**LA ILUSTRACIÓN Y LA REACCIÓN
CONTRA THOMAS BAYES**

1

Las causas del momento

En algún momento de la década de 1720, el reverendo Thomas Bayes realizó el ingenioso descubrimiento que lleva su nombre, y sin embargo, misteriosamente, se desentendía poco después de él. Tendría que ser el redescubrimiento independiente de aquel principio, el que realizara de manera independiente un hombre distinto y notablemente más célebre —Pierre-Simon Laplace—, el que acabara dando al hallazgo su forma matemática moderna y le encontrara aplicación científica —y no obstante, también Laplace dejaría a un lado la recién desvelada regla para atarearse en el estudio de otros métodos—. Y a pesar de que el teorema de Bayes estuviera llamado a captar la atención de los más destacados estadísticos del siglo XX, algunos de ellos denigrarán tanto al método como a sus partidarios, arrugarán las cuartillas en que lo venían examinando y lo declararán finiquitado, muerto y enterrado. Con todo, lo cierto es que, al mismo tiempo, el teorema lograba resolver una serie de interrogantes prácticas a las que habría sido imposible hallar respuesta por cualquier otro medio: los defensores del capitán Dreyfus se valdrán de él para demostrar la inocencia del militar; los actuarios de seguros lo emplearán para establecer las tarifas de sus empresas; Alan Turing encontrará en él la fórmula para descifrar el código Enigma de los alemanes e impedir con ello, muy posiblemente, que los aliados perdiesen la segunda guerra mundial; la armada estadounidense lo encontrará útil para rastrear el paradero de una bomba de hidrógeno perdida y localizar a los submarinos soviéticos; la Corporación RAND

recurrirá a él para ponderar el grado de verosimilitud o probabilidad de la ocurrencia de un accidente nuclear; y los investigadores de Harvard y Chicago hallarán en él un instrumento imprescindible para verificar la autoría de los artículos del *Federalist*. No obstante, pese a descubrir los grandes servicios que podía prestar a la ciencia, muchos de sus defensores se verán obligados a ocultar que estaban empleando la regla de Bayes y a fingir en cambio que se valían de otros métodos —aunque para entonces ya hubieran adquirido una fe, casi diríamos que religiosa, en sus potenciales virtudes—. Habría que esperar al siglo XXI para que el sistema se viera al fin libre de sus estigmas y comenzara a adoptarse en todas partes con manifiesto entusiasmo. La cosa empezó con un sencillo experimento mental.

La lápida que preside la tumba de Bayes dice que falleció en el año 1761, a la edad de cincuenta y nueve años, de modo que sabemos que vivió en la época en que Inglaterra pugnaba por recobrase de casi dos siglos de disputas religiosas coronados por una guerra civil y un regicidio. Al ser miembro de la Iglesia presbiteriana, una rama del protestantismo perseguida por negarse a respaldar a la Iglesia de Inglaterra, Thomas Bayes era considerado un disidente o un inconformista religioso. En tiempos de la generación de su abuelo habían muerto en prisión cerca de dos mil disconformes. Además, en época de Bayes, una larga línea divisoria de orden religioso y político venía a introducir una gran fractura en el ámbito matemático, de modo que eran muchos los estudiosos de las ciencias exactas que, pese a

tener la capacidad de lograr resultados con su saber, actuaban a la manera de los aficionados, puesto que, como también les sucedía a los disidentes, las universidades inglesas les cerraban las puertas.^[1.1]

Al no resultarle posible obtener un título en Inglaterra, Bayes estudió teología y muy posiblemente también matemáticas en la Universidad de Edimburgo de la presbiteriana Escocia, donde, por fortuna para él, los criterios académicos eran mucho más rigurosos. En el año 1711 partiría hacia Londres, ciudad en la que su padre, que pertenecía al clero, le ordenó sacerdote, proporcionándole asimismo, según parece, un empleo como coadjutor.

La persecución había convertido a muchos disidentes ingleses en críticos resueltos, así que, sin haber cumplido todavía los treinta años, Bayes decidió tomar postura en una candente cuestión teológica: ¿es posible conciliar la presencia del mal con la presunta bondad divina? En 1731, Bayes escribirá un panfleto —una especie de blog— en el que vendrá a declarar que Dios otorga a las personas «la máxima felicidad que les es dado alcanzar».

Cumplidos ya los cuarenta, los intereses de Bayes por las matemáticas y la teología comenzarían a entrelazarse de manera muy estrecha. Un obispo anglicano irlandés —George Berkeley, cuyo apellido ha dado nombre al principal campus universitario de California— había publicado una incendiaria hoja volandera en la que atacaba las prácticas matemáticas de los disidentes religiosos, así como el cálculo, las ciencias exactas abstractas en general, la venerada figura de Isaac Newton y a la entera caterva de «librepensadores» y «matemáticos impíos» que opinaban que la razón tenía la facultad potencial de arrojar luz sobre cualquier asunto. El libelo de Berkeley iba a ser el acontecimiento más sonado de la matemática británica del siglo XVIII.

Nuevamente abocado a bregar en las trincheras de una guerra de panfletos, Bayes publicaría un escrito en el que defendía y explicaba los cálculos de Newton. Ésta iba a ser la única publicación de carácter matemático que realizara en su vida. Poco después, cinco hombres, entre los que se encontraba uno de los amigos íntimos de Newton, propondrían que la Real Sociedad de Londres admitiera entre sus miembros a Thomas Bayes. En esta sugerencia de ingreso se evitaba toda veleidad polémica y se describía al candidato como a «un caballero de conocido mérito, bien versado en geometría y en el conjunto de las ramas del saber matemático y filosófico». La Real Sociedad de Londres no era entonces la organización profesional que es hoy. Se trataba de una institución privada formada por aficionados procedentes de la pequeña nobleza terrateniente y financiada mediante las cuotas que sus integrantes abonaban regularmente. Sin embargo, desempeñaba un papel decisivo, puesto que en algunos casos esos diletantes estarían llamados a realizar algunos de los más importantes avances de la época.

Por esos mismos años, Bayes se sumaría a un segundo grupo de bien informados matemáticos vocacionales. Nuestro protagonista se había trasladado a una pequeña congregación situada en un enclave de moda, el balneario de aguas frías de Tunbridge Wells. Siendo un pastor presbiteriano célibe, independiente y acaudalado —pues su familia había hecho fortuna con la elaboración de toda una gama de cuchillos de acero de Sheffield—, pudo permitirse alquilar unas habitaciones, al parecer a una familia de disidentes. Sus deberes religiosos —consistentes en la lectura de un sermón dominical todas las semanas— no le robaban demasiado tiempo. Y además, las normas de urbanidad del centro de aguas termales permitían lo que en otros lugares resultaba imposible, esto es, el libre trato de los disidentes, los judíos, los católicos y hasta los extranjeros con los miembros de la sociedad inglesa, posibilitándose incluso su

familiaridad con los opulentos condes que allí acudían a tomar las aguas.

Philip, segundo conde de Stanhope y asiduo visitante de Tunbridge Wells, había mostrado un notable interés por las matemáticas desde la infancia, pero su tutor, que juzgaba poco distinguido su estudio, le había prohibido ahondar en ellas. A la edad de veinte años, siendo ya Stanhope libre de actuar como bien le pareciese, se pasaba días enteros enfrascado en los teoremas de Euclides. Según la muy leída Elizabeth Montagu, Stanhope «cubría incesantemente de garabatos matemáticos su cuadernito de notas, así que la mitad de la gente le tomaba por un ilusionista y la otra mitad por un chiflado». Ya fuera a causa de su aristocrático encumbramiento o de su tardía dedicación, lo cierto es que Stanhope no llegaría a publicar ningún análisis propio. Sin embargo, estaba llamado a convertirse en el más sobresaliente mecenas de las matemáticas de toda Inglaterra.

Así las cosas, el conde y John Canton, el dinámico secretario de la Real Sociedad de Londres, pusieron en marcha una red informal de revisores que, en pie de igualdad, se dedicaban a someter sus respectivos trabajos a un cruce de críticas. En algún momento Bayes debió de sumarse al sistema. Un día, por ejemplo, Stanhope le envió una copia del borrador de un opúsculo de un matemático llamado Patrick Murdoch. Bayes discrepaba de algunos de los puntos expuestos en la obrita, así que devolvió el trabajo a Stanhope, enriquecido con una serie de comentarios de su propia cosecha. Stanhope los transmitió entonces al autor, el cual replicaría a su vez a través del conde en un ciclo repetido innumerables veces. No obstante, todo parece indicar que la relación entre el joven conde y el maduro reverendo Bayes fue adquiriendo poco a poco una mayor envergadura hasta transformarse en amistad, puesto que Stanhope realizó al menos una visita a Bayes en Tunbridge Wells, conservando además dos legajos de sus estudios matemáticos en