UNA APROXIMACIÓN A LA HISTORIA DE LA CUANTIFICACIÓN DEL RIESGO: DE LA ANTIGÜEDAD AL SIGLO XVIII

Ángel Ballarín Garnica

Resumen

Los avances en el conocimiento científico y en el comercio han influido sin duda en la evolución de los sistemas contables a lo largo de la historia. Es por ello, que un mayor conocimiento de la evolución de la gestión del riesgo en las transacciones comerciales ha modificado la forma de contabilizar los hechos económicos acaecidos en el día a día de empresas e instituciones. Este trabajo pretende analizar cual ha sido la evolución de las técnicas de cuantificación del riesgo desde la antigüedad, pasando por Fibonacci, Fray L. Pacioli hasta el siglo XVIII con Bernoulli y De Moivre, que permite dar una idea del conocimiento científico que se poseía en la Castilla del siglo XVI de forma que contribuya a formar una visión global de la influencia que ha podido ejercer las técnicas de gestión del riesgo de entonces sobre los usos y técnicas contables de la época.

1. INTRODUCCIÓN

Los avances en el conocimiento científico y en el comercio han influido sin duda en la evolución de los sistemas contables a lo largo de la historia. Es por ello que un mayor conocimiento de la evolución de la gestión del riesgo en las transacciones comerciales ha modificado la forma de contabilizar los hechos económicos acaecidos en el día a día de empresas e instituciones. Este trabajo pretende analizar cual ha sido la evolución de las técnicas de cuantificación del riesgo desde la antigüedad hasta el siglo XVIII que permite dar una idea del conocimiento científico que se poseía en la Castilla del siglo XVI de forma que contribuya a formar una visión global de la influencia que ha podido ejercer las técnicas de gestión del riesgo de entonces sobre los usos y técnicas contables de la época.

2. DE LA ANTIGÜEDAD A LA EDAD MEDIA.

Hacia el año 450 antes de J.C., los griegos elaboran un sistema numérico que utiliza las veinticuatro letras del alfabeto, más otras tres creadas para la ocasión. Cada cifra de 1 a 9 corresponde a una letra, después vienen luego los múltiplos de diez: así, (pi), la inicial de penta, que significa 5, representa 5; (delta), la inicial de deca, significa 10, equivale a 10, mientras que, (alpha), la primera carta del alfabeto, vale 1 y (rhó) representa 100. Según esta regla, 115 se escribe, rhó-deca-penta. A pesar de estas restricciones se publicó los *Elementos* de Euclides. Tanto en Egipto como en Mesopotamia, no se espera a Euclides para tener sólidas nociones de geometría. El famoso teorema de Pitágoras: el cuadrado de la hipotenusa es igual a la suma de los cuadrados de los catetos, ya era conocido en las orillas del Tigris y del Eufrates.

Si los griegos no descubrieron ni el cálculo infinitesimal ni el álgebra, fue debido a la falta de un sistema numeral. Los romanos también padecerán el mismo problema. Habrá que esperar al siglo V para ver aparecer en la India el sistema actual, sin que se sepa quien es el genial inventor, ni cómo se propagó. Los árabes lo descubrieron en el siglo VIII, unos siglos después de la revelación de los Profetas, cuando su civilización se extendió hasta la India.

Las cifras tienen un efecto catalizador sobre el pensamiento oriental. Bagdad, capital intelectual, se convierte en un verdadero crisol de matemáticos. El califa hace traducir a los sabios judíos las obras de los grandes clásicos, como Euclides o Ptolomeo. Los trabajos más importantes se extienden por todo el imperio, llegando a España en el siglo IX. Cabe señalar que Occidente ha considerado desde tiempo inmemorial la creación de un nuevo sistema numérico. Hacia el año 250 antes de J.C., un matemático de Alejandría, Diofante, demuestra que se avanzaría mucho más inventado los números en lugar de servirse de letras.[1] . Diofante dio un gran paso hacia el álgebra simbólica, que recurre a los símbolos más que a las cifras. Diofante cae en el olvido hasta el siglo XVII. Sus trabajos jugarán, sin embargo, un papel clave en el desarrollo del álgebra. Las ecuaciones de tipo a + bx = c también se conocen como las "ecuaciones de Diofante".

La invención del cero, el "sunya" de los indios o el "cifr"[2] de los árabes, que significa "vacío", en referencia a la columna vacía del ábaco, es el descubrimiento más relevante del nuevo sistema numérico. La introducción del cero no es un simple perfeccionamiento, reviste un significado profundo. Con el cero se logra una verdadera revolución. En primer lugar, permite efectuar cualquier tipo de cálculo y de escribir cualquier número utilizando los otros nueve números.
La primera obra de matemáticas redactada en árabe y conocida en occidente es la obra de un sabio uzbeco, Al-Khawarizmi que vivió a principios del siglo IX, unos cuatro cientos años antes de Fibonacci.[3] Su nombre puede no resultar familiar, sin embargo se utiliza regularmente - empleando la palabra "algoritmo", que designa las reglas del cálculo.[4] Al-Khawarizmi redacta un tratado para explicar cómo efectuar las cuatro operaciones básicas, sumar, restar, multiplicar y dividir, por medio de las cifras traídas de la India. En un segundo libro, titulado *Ciencia de la transposición y de la eliminación* (Hisâb al-djabr w'almuqâbalah), desarrolla la resolución de las ecuaciones. De ahí proviene la palabra "álgebra", derivada de "al-djabr".[5]

Uno de los matemáticos más célebres es el persa Omar Khayyam (1047-1122), autor de los *Cuartetos* (Robayat), traducidos por primera vez en Europa por el poeta inglés Edward Fitzgerald, en el siglo XIX.[6] Omar Khayyam elabora un lenguaje numérico más perfeccionado que el de Al-Khawarizmi y hace progresar el álgebra. A su vez, pone sus conocimientos al servicio de la astronomía y revisa de modo magistral el calendario.

A pesar de su papel precursor, los matemáticos musulmanes no llegaron al cálculo de las probabilidades, no formularon teorías que permitieran la cuantificación del riesgo.
Hacia el año mil, gracias a la enseñanza dispensada en las Universidades de España y de Sicilia, reinos ocupados respectivamente por moros y sarracenos, los números conquistan Europa.

En Occidente, la historia de las cifras empieza en 1202 cuando se acaba la construcción de la catedral de Chartres y Juan sin Tierra reinaba desde hacía tres años sobre Inglaterra. Aquel año, apareció en Italia el *Libro del ábaco*, o *Liber Abbaci*. Este manuscrito es la obra de Leonardo de Pisa, que tiene, a pesar de sus veintisiete años de edad, el apoyo de

[1] TURNBULL (1951):113.
[2] HOGBEN (1968):244-246
[3] MUIR (1961); HOGBEN (1968).
[4] HOGBEN (1968):243.
[5] HOGBEN (1968), cap. IV.
[6] FITZGERALD (1859)

Federico II, el emperador del Sacro Imperio[7]. Más conocido con el sobrenombre de Fibonacci, es hijo de Bonacio Pisano un diplomático de Pisa, cuyo apodo es la contracción de “hijo de Bonacio”.

Devolviendo la visita a su padre, que era cónsul residente en Bougie una ciudad muy próspera de Argelia, es cuando Fibonacci concibe esta obra. Allí un matemático árabe le revela todas las posibilidades ofrecidas por las cifras, ampliamente difundidas por los cruzados. Es entonces cuando Fibonacci se dedica a su estudio y realiza una obra notable con muchas aportaciones, fruto de las cuales los números reemplazan a las letras. El *Liber Abbaci* conoce un rápido éxito entre los matemáticos, en primer lugar en Italia y, con posterioridad, en toda Europa. No contento con enseñar la lectura y la escritura de los nuevos caracteres, Fibonacci explica cómo determinar si se encuentra en presencia de una unidad, de un múltiplo de diez, o de cien, etc. También proporciona ejemplos de cálculos que recurren a los números enteros, las fracciones, las proporciones, la extracción de raíces cuadradas y cúbicas así como a ecuaciones de primer y segundo grado.

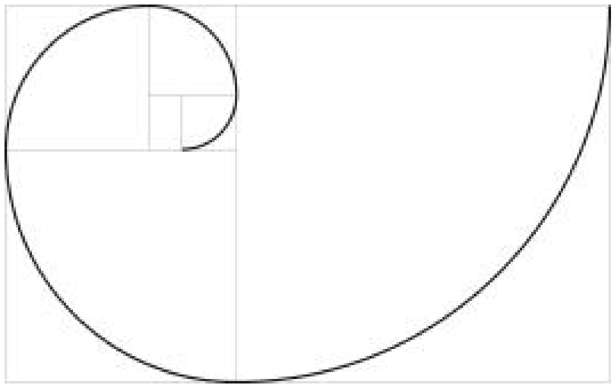
Su éxito radica en la presentación de ejercicios prácticos concretos. Así, Fibonacci explica las aplicaciones de este nuevo sistema numérico, por ejemplo, la determinación de los márgenes de beneficio, la conversión de pesos y medidas e, incluso, a pesar de la prohibición religiosa de la usura, el cálculo de intereses.

Un ejemplo, extraído del *Liber Abbaci* es el siguiente. Se trata de saber cuántos descendientes puede tener una pareja de conejos por año. Supongamos que cada pareja de conejos se reproduce de forma idéntica al cabo de dos meses. Parte de la hipótesis de que la pareja inicial tenga su primer parto a los dos meses y que cada mes nazcan dos pequeños, al cabo de cuatro meses sus retoños tengan los mismos descendientes, y así sucesivamente. De modo que, al fin de cada mes, se cuenta 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, así sucesivamente hasta 144 y 233 parejas de conejos. Cada número es la suma de los dos anteriores.

La serie de Fibonacci permite definir la forma de una espiral perfecta. **En el Gráfico 1** se aprecia cómo se construye a partir de una serie de cuadrados en los que las dimensiones relativas están marcadas por la serie de Fibonacci.

Gráfico 1. Espiral de Fibonacci.

[7] EVES (1983):161; HOGBEN (1968): 250; GARLAND (1987).



Con *Liber Abbaci*, se va aproximando a una teoría basada en medidas de tipo matemático que permitirá la cuantificación del riesgo. Pero todavía nadie está listo para relacionar cifras y azar, ya que éste se percibe siempre como un capricho de la naturaleza. Todavía habrá que esperar dos siglos.

A pesar del apoyo recibido por el emperador Federico II y del éxito de Fibonacci, el nuevo sistema numérico encontró, hasta el siglo XVI, mucha resistencias. Además, los números favorecen a los falsificadores y otros estafadores. El nuevo sistema se implanta en primer lugar en Italia, lo que conduce a las autoridades de Florencia a publicar en 1229 un edicto que proscribe el empleo de las cifras, por heréticas.[8]

3. LA CUANTIFICACIÓN DEL RIESGO EN EL RENACIMIENTO.

El retablo de Brera realizado por el pintor Piero Della Francesca (1416–1492), nacido dos siglos después de Fibonacci, marca la ruptura con la Edad Media y supone el inicio del Renacimiento. En dicha obra se refleja que los hombres son entes autónomos que veneran la divinidad, sin ser por ello sus esclavos. La catedral de Florencia, obra de Brunelleschi, célebre por su cúpula, su estructura equilibrada y su interior sobrio, testimonia que la religión ha regresado a la escala humana.

En esta época, el mismo año de la muerte de Piero Della Francesca (1492), Cristóbal Colón se embarca para descubrir lo que se conocerá como América. Gracias a los estudios de Copérnico, el universo ya no es lo que se creía. Los trabajos de este último recurren a las nociones matemáticas más avanzadas.

A lo largo del siglo XVI, gracias a la imprenta, se publican un gran número de obras especializadas en latín o en las lenguas vernáculas, especialmente en Italia.

Es en la sobresaliente obra de un franciscano donde se inicia la senda de la cuantificación del riesgo. Natural de Borgo San Sepolcro, Luca Pacioli[9] nace en 1445. Sus padres lo encauzaron hacia la carrera de comerciante, pero es su compatriota y mentor Piero Della Francesca, que le da clases de historia y de iniciación al arte, quien lo anima a aprovechar la célebre biblioteca del patio de Urbino para aumentar sus conocimientos.

[8] HOGBEN (1968):243.
[9] DAVID (1962):36-39; KEMP (1981):146-148.

En 1470, parte hacia Roma, e ingresa con veintisiete años en la Orden de los Franciscanos. Ejerce como profesor de matemáticas en Perusa, Roma, Nápoles, Pisa, y de nuevo en Venecia, antes de ocupar en 1496 una cátedra en Milán, a los dos años después de haber conseguido su magisterio, el equivalente a un doctorado.

Su gran obra, la *Summa de arithmetica, geometria, proportioni et proporcionalita*, data de 1494. Celebrando "la profunda abstracción y la gran sutileza de las matemáticas", el autor reconoce su deuda hacia el *Liber Abbaci* de Fibonacci, redactado un siglo antes. Expone los principios del álgebra y las tablas de multiplicar hasta llegar a 60 x 60. La aportación más significativa de la obra reside en la exposición de la contabilidad por partida doble. Pacioli, de hecho, no es el inventor de la partida doble, pero es quien la trata de un modo más exhaustivo. Esta técnica, expuesta con todo detalle, en el *Liber Abbaci* supone una innovación revolucionaria en materia de teneduría, que tendrá repercusiones considerables sobre la economía, del mismo modo que la tuvo la invención del motor de vapor en la industria del siglo XVIII.

En Milán, Pacioli conoció a Leonardo da Vinci, con quien entabla amistad. Admirador de su talento, ensalza sus trabajos sobre "el movimiento en el espacio, el choque, el peso y todas las otras fuerzas". [10]

Antes de este encuentro, Leonardo no sabía gran cosa de matemáticas, aunque recurría a la geometría para establecer sus proporciones. Sus libretas se llenaban de bocetos realizados con regla y compás, pero es Pacioli quien lo anima a dominar estos conceptos.

En la biografía de da Vinci, Martin Kemp manifiesta la influencia de Pacioli, que le trae a "revisar sus exigencias y que contribuyó a dar una nueva orientación a sus intereses como ningún otro contemporáneo". A cambio, Leonardo ilustra la segunda obra de Pacioli, *De divina proportione*, un soberbio manuscrito de dos volúmenes, que se acabó de escribir en 1498 y se imprimió en 1509.

Pacioli era consciente de que podía realizar aportaciones meritorias. En el *Summa*, plantea el siguiente problema: "A y B se enfrentan al juego de "balla". Se acuerda que no se pararán antes de que uno de los dos haya ganado en seis tiradas. En realidad, al final de la partida, A ha logrado cinco victorias, y B tres. ¿Cómo van a dividirse los beneficios?"[11] Este enigma, que se conoce con el nombre del "problema de los puntos", aparece en la mayoría de los textos de matemáticas hasta el siglo XVII. Comporta numerosas variantes, sin embargo, la pregunta se puede realizar de otro modo: ¿cómo repartir los beneficios cuando la partida está inacabada? En esta época, diferentes respuestas darán lugar a intensos debates.

La solución del problema conducirá al análisis sistemático de la noción de probabilidad, dicho de otra manera, de la certeza de que alguna cosa se produzca o no. Llegados aquí, se inicia el camino de la cuantificación del riesgo.

Un médico llamado Gerolamo Cardano se dedica a la observación de las series del juego de dados. Su pasión por el juego bastaría para explicar su presencia en la historia de la cuantificación del riesgo, sin hablar de sus habilidades en otras múltiples áreas. Es la encarnación perfecta del hombre del Renacimiento: el humanismo y el saber enciclopédico.[12]

[10] KEMP (1981):248-250.
[11] DAVID (1962):37
[12] Las citas de Cardano se extraen de ORE (1965); MORLEY (1854); CARDAN (1930).

Era un jugador empedernido. Despreciaba a los tramposos y conocía todas sus astucias. Parece que perdió suficiente dinero como para concluir que el principal interés del juego es no jugar. Cardano no se contentaba con esto. Además de ser, jugador y matemático en sus momentos de asueto, es el médico más reputado de su época, siendo llamado por el Papa y los reyes. Fue uno de los primeros médicos en recomendar la higiene corporal, la ducha y el baño.

Cardano posee una vida muy intensa. Publicó ciento treinta y una obras, se cree que hizo ciento setenta más, que estimó imperfectas, y a su muerte dejó ciento once manuscritos.

El principal tratado de matemáticas de Cardano, *Ars Magna* se publicó en 1545, el mismo año en que Copérnico anunció públicamente el descubrimiento del sistema solar, y que André Vesalio publicó su manual de anatomía. Cinco años antes, apareció en Inglaterra el primer uso de los signos + y – en la obra de Robert Record *Grounde of Arts*, (*El Fundamento de las Artes*). Diecisiete años más tarde, el signo = hace su entrada en el mundo de las matemáticas, mostrándose en un libro titulado *Whetstone of Witte* (*Afilar su inteligencia*), con el motivo "que no había igualdad más perfecta que la existente entre dos paralelas". [13]

Ars Magna fue la primera obra de importancia que se dedicó en exclusiva al álgebra. Cardano resuelve ecuaciones de segundo y tercer grado. "Trata las raíces cuadradas de números negativos, desconocidas antes de la aparición de los números árabes, y misteriosas para muchos de sus contemporáneos". [14] La notación algébrica mediante el empleo de las a, b, c, se debe a Cardano y los alumnos de hoy en día las utilizan. El mismo Cardano, comenta apenado, que no llegó a resolver el "problema de los puntos" planteado por Fibonacci; al igual que otros distinguidos matemáticos de su tiempo. Sin embargo, redactó una obra sobre el juego, titulada *Liber de Ludo Aleae*, (*El Libro de los juegos de azar*). Azar designa en latín el juego de dados y, por extensión, el azar, el riesgo y la suerte. El adjetivo "aleatorio" significa la atadura entre el juego y la incertidumbre, tal y como señala la etimología del término. Es en el *Liber de Ludo Aleae* donde aparecen por primera vez los principios estadísticos de la probabilidad, aunque este término no figura como tal.

Cardano lamentaba no haber obtenido casi ningún beneficio cuando jugó. Escribió este libro muy joven, en 1525 y prometió una corrección en 1565. *Liber de Ludo Aleae* es descubierto tras su muerte, en medio de una multitud de manuscritos. Apareció por primera vez en Basilea en 1663, en una época en que la teoría de la probabilidad había avanzado considerablemente, a pesar del desconocimiento de este trabajo pionero. Indudablemente, nadie pone en duda que si no hubiesen pasado cien años para descubrirla, la obra de Cardano habría dado un fuerte impulso en esta materia. Es el primero en definir que el marco en el que se expresará, de aquí en adelante, la probabilidad es una fracción. El número de casos favorables se divide por el "circuit", es decir, el conjunto de casos posibles. Así, cuando se juega a cara o cruz, se tiene un 50% de probabilidad de obtener uno u otro resultado. Igualmente, dado que hay cuatro reinas en una baraja, se tiene una probabilidad sobre trece (1/13) de obtener una de ellas, probabilidad que disminuye a una sobre cincuenta y dos (1/52), cuando se trata de sacar la reina de picas, pues es la única.

No se sabrá nunca si Cardano escribió *Liber de Ludo Aleae* para iniciar a los jugadores en la gestión del riesgo, o si el texto debe situarse en el marco de una reflexión teórica.

[13] DAVID (1962): 58.
[14] SARTON (1957):29-32; MUIR (1961):35-38.

Comenzando con las consideraciones experimentales, el libro termina con una reflexión sobre combinatoria, trabajo de carácter eminentemente teórico. Al margen de lo que enseña sobre el papel de la probabilidad en los juegos de azar, más allá de los esfuerzos para resolver los problemas mediante la aritmética, *Liber de Ludo Aleae* representa la primera tentativa para medir científicamente el riesgo, con objeto de poder administrarlo. Cualquiera que fuese su objetivo inicial, la obra es un modelo de audacia y de originalidad.

El mérito quizás se deba menos a Cardano que a su época. Años atrás se habría podido llegar a los mismos resultados que él, sobre todo, si se considera que los números árabes se llevaban utilizando desde hacía tres siglos. Sin embargo, se carecía de la libertad de pensamiento, del gusto por la experimentación y del deseo de controlar el futuro, que no aparecerán hasta el Renacimiento.

El otro italiano de renombre que se preguntaba sobre la noción de probabilidad es Galileo, nacido en 1564, cuando Cardano ya era un anciano.[15] Como muchos de sus contemporáneos, Galileo se entregó a la experimentación, se interesó por un sinfín de cosas, (hasta se sirvió de su pulso para medir el tiempo).

En 1623, cuando desempeña las funciones de "primer matemático extraordinario” de la Universidad de Pisa al servicio de Su Alteza Serenísima Cosme II, gran duque de Toscana, redacta un estudio sobre el juego, "forzado porque me han mandado representar lo que me inspira la idea de probabilidad".[16] Este folleto titulado *Sopra el Scoperte dei Dadi*, (*Sobre el juego de dados*), escrito en italiano y no en latín, indica su poca importancia científica. En esta obra, Galileo recoge a su manera las conclusiones de Cardano, del que tenía cierto conocimiento. Este último, según la historiadora F. Nightingale, discutía con sus amigos y realizaba numerosas comunicaciones. Puede deducirse que los matemáticos de su tiempo conocían el contenido del *Liber de Ludo Aleae*, a pesar de su publicación póstuma.[17]

Al igual que él, Galileo analiza lo que pasa cuando se juega con uno o dos dados y reflexiona sobre la frecuencia de las diversas combinaciones, así como los diferentes resultados posibles, señalando que los matemáticos deberían inspirarse en este método. En 1623, la idea de probabilidad en un sentido aleatorio, forma parte del paisaje intelectual, hasta el punto de que Galileo estima que no queda gran cosa por descubrir en esta materia. Sin embargo, nada más lejos de la realidad. En Francia, Suiza, Alemania e Inglaterra, una multitud de ideas aparecen sobre la noción de riesgo y la cuestión de las probabilidades. El siglo XVII, especialmente en Francia, es el escenario de una verdadera revolución matemática. Los progresos en álgebra y en el cálculo infinitesimal conllevan la aparición de conceptos abstractos, que encuentran aplicaciones prácticas en dominios tan diversos como los seguros, las inversiones financieras, la medicina, la herencia, el comportamiento de las moléculas, la conducta de la guerra y las previsiones meteorológicas.

Al principio del siglo XVII, se efectúan las primeras investigaciones en esta materia. En 1619, un pastor puritano de nombre Thomas Gataker publicó en Inglaterra una obra que tendrá una gran divulgación *Nature and the Use of Lotes*, (*La Naturaleza y el sorteo*).[18] Enseña que, lejos de obedecer a una ley divina, los juegos de azar están regidos por las leyes naturales. Un siglo después de la muerte de Cardano y poco menos de cincuenta años después

[15] DAVID (1963), cap. VII.
[16] DAVID (1963): 65.
[17] DAVID (1963): 13.
[18] STIGLER (1988).

de la de Galileo, las principales preguntas planteadas en el análisis de las probabilidades ya se han resuelto.

Con ese nivel de conocimiento falta saber que actitud adoptar cuando uno se encuentra situado delante de un conjunto de eventualidades. Es la base de la gestión del riesgo y la toma de decisiones: encontrar el punto medio entre la medida y la intuición.

4. DEL RENACIMIENTO AL SIGLO DE LAS LUCES.

Cardano y Galileo se aproximaron mucho a la obtención de la herramienta más eficiente en gestión del riesgo, a saber, la ley de las probabilidades.

En 1657, el holandés Christiaan Huygens realizó un estudio, que Newton leerá y reutilizará con posterioridad. En la misma época, Leibniz se pregunta sobre sus eventuales aplicaciones en la deliberación de los veredictos. En 1662 aparece la ilustre obra de Antoine Arnauld y Pierre Nicole *Logique de Port Royale*, los cuales consideran la ciencia como un trampolín hacia la salvación. Dos años antes, John Graunt publicaba en Inglaterra los resultados de un estudio demográfico de tipo estadístico, realizado a partir de los registros eclesiásticos. A finales de 1660, las ciudades holandesas, cuya financiación reside en la venta de rentas vitalicias, se basan en un cálculo actuarial. Al principio del siglo XVIII, es Inglaterra quien adopta este sistema de las rentas, en el marco de una política presupuestaria basada en la existencia de un déficit presupuestario.

Tres personajes, cuyo único punto en común es ser franceses, sientan las bases teóricas del cálculo de las probabilidades. El primero, Pascal, es un joven libertino, extraordinariamente inteligente, que se convertirá en un ferviente apóstol de la religión. El segundo, Fermat, es un brillante magistrado del Sudoeste, apasionado por las matemáticas. En cuanto al tercero, el caballero de Méré, es un jugador empedernido, aficionado a las ciencias que se hará famoso planteando a Pascal y Fermat un problema que les conducirá, a la larga, a sus descubrimientos.

A diferencia de Cardano, Pascal y Fermat no se preocupan por la verificación experimental sino que, mediante el razonamiento inductivo esbozan su teoría de la probabilidad, para posteriormente ser cuantificada.

Pascal nació en 1623, al final de las guerras de Religión, en una época en que se producía el inicio del comercio mundial junto a una ferviente mística anti-intelectualista. Esta última acabará por prevalecer sobre la actividad científica, donde se realizaron hallazgos extraordinarios. [19] Pascal fue un niño prodigio. A la edad de dieciséis años, redacta un trabajo deslumbrante, *L'Essai sur les coniques*, que le supuso la admiración de Descartes.

Esta vocación se inicia gracias a su padre, matemático aficionado y rico recaudador de impuestos, ("fermier général" a partir de 1681). En este cargo, Étienne Pascal es el encargado de percibir los impuestos indirectos, como la talla. Debe avanzar un montante global al Estado siendo su remuneración la diferencia entre esta suma y los fondos efectivamente percibidos.

[19] MUIR (1961): 77-100; DAVID (1962):34-79; HACKING (1975): 55-70.

Consciente del genio de su hijo, Étienne Pascal lo presenta a la edad de catorce años a los sabios que se reúnen cada semana con el abad Mersenne, en la Plaza Real de París, quien jugó un papel importante en el mundo científico. Con su apretada escritura, redactaba las últimas noticias de la comunidad, que dirigía a quien considerase oportuno. Como no existían ni sociedades científicas ni revistas especializadas, Mersenne contribuyó de esta forma a la divulgación de nuevas teorías.[20]

Eminentes matemáticos, impresionados por los trabajos del joven Pascal en geometría y álgebra, se convierten en sus rivales. En 1646, cuando su padre se fracturó la cabeza del fémur, la familia recurrió a los médicos jansenistas, poseedores de una doctrina centrada en la gracia y la predestinación. A lo largo de los tres meses que dura su estancia, ejercen una influencia determinante sobre Pascal, quien renuncia provisionalmente al mundo. Las preguntas metafísicas le obsesionan: "¿Por el orden y la conducta de este lugar en este tiempo me han sido destinadas? [...] El silencio eterno de estos espacios infinitos me asusta“.[21]

En 1650, con sólo veintisiete años, padeció momentáneamente de parálisis parcial y sufrió terribles dolores de cabeza. En busca de remedio, los médicos insisten en que debe rehacer su vida. No se hace rogar. A la muerte de su padre, escribe a su hermana: “No debemos afligirnos, como los paganos que no tienen ninguna esperanza"[22], y empezó a frecuentar asiduamente salones y salas de juego.

Inició de nuevo sus trabajos científicos. Es en esta época que conoce al fanfarrón caballero de Méré, que se jacta de adivinar las probabilidades de ganar en el juego. En una carta a Pascal escrita a finales de los años 1650, afirma haber hecho "descubrimientos matemáticos excepcionales, de los que los antiguos no tenían idea, y que dejan pasmados a los mejores especialistas de Europa“.[23]

Leibniz se sorprendió, e incluso habla de este asunto "de un espíritu penetrante, preocupado tanto del juego como sobre la filosofía”. Sin embargo, califica de ordinaria "esta altivez con la que el caballero de Méré se dirige a Pascal".[24]

Pascal afirmó: "M. de Méré es hombre inteligente, escribe a un amigo, pero no es geómetra, lo que, supone un severo inconveniente".[25] Al decir esto, se muestra como un especialista que se mofa del aficionado iluminado. Se ha de reconocer que no aprecia a su interlocutor en su justa medida.[26]

Es, sin embargo, la intuición genial del caballero de Méré la que les conduce por el camino correcto. En sus apuestas, Méré sólo apuesta sobre resultados que le confieren una ventaja mínima sobre sus adversarios, resultados que estos últimos atribuyen al azar. Si se cree a Pascal, sabe con certeza que tiene más del 50% de probabilidades, exactamente el 51,77469136%, de conseguir un 6 tirando cuatro veces un solo dado. Su estrategia consiste entonces en multiplicar los intentos para embolsarse modestas ganancias. Es necesario para

[20] DAVID (1962):74.
[21] MUIR (1961): 90.
[22] MUIR (1961): 93.
[23] MUIR (1961): 94.
[24] MUIR (1961): 95.
[25] DAVID (1962): 69.
[26] HUFF (1959): 63-69.

eso apostar rápido, pues se corre el riesgo de esperar mucho tiempo antes de obtener el 6, que sale seguido en un 50%.[27]

En la época en que conoce a Pascal, Méré intenta resolver con otros matemáticos el famoso "problema de los puntos" enunciado por Pacioli. Cómo dos jugadores de “balla” podrían repartir bien los beneficios de una partida inacabada. Esta cuestión está todavía sin resolver. Pascal estaba intrigado con el tema, pero duda en abordar solo una pregunta que hoy sería el tema de coloquios eruditos. El enigma da lugar a una correspondencia continua entre especialistas. En 1654, Pierre de Carcavy pone a Pascal en contacto con Fermat.

Fermat es un hombre de una erudición asombrosa.[28] Hablaba la mayoría de las lenguas europeas, escribió versos, comentó a los autores griegos en latín, siendo un matemático de primer orden. Participa en la invención de la geometría analítica, sentó las bases del cálculo infinitesimal, trató de determinar el peso del globo, efectúo trabajos de óptica, estudió la refracción de la luz. Con Pascal, contribuyó de modo decisivo a la elaboración de la teoría de las probabilidades.

Su aportación mayor se encuentra en la teoría de los números, es decir en el análisis de las relaciones entre cada número tomado separadamente y los otros. Esta teoría proporciona una solución a numerosos enigmas no resueltos hasta entonces. Ya, los griegos habían descubierto lo que llamaban "números perfectos", es decir aquellos que corresponde a la suma de sus divisores, como se lo ve en el siguiente ejemplo: 6 = 1 + 2 + 3. Después del 6, el número que se acerca más a la perfección es el 28, pues 28 = 1 + 2 + 4 + 7 + 14, el sucesivo es el 496, luego el 8.128, hasta el 33.550.336.

Debemos a Pitágoras el descubrimiento de los "números amigables", aquellos que cada uno es igual a la suma de las partes alícuotas del otro, por ejemplo 220 y 284: 284 se divide por 1, 2, 4, 71, 142, y su suma es igual a 220; 220 se divide por 1, 2,4, 5, 10, 11, 20, 22, 44, 55 en 110 y su suma es 284.

Fermat pensó que había descubierto un fórmula que proporcionaría siempre un número entero, pero no supo justificarlo de forma teórica. Consiguió en primer lugar el 5, luego el 17, luego el 257, y por fin el 65.537, que son números enteros. El que viene a continuación es el 4.294.967.297.

Al final, Fermat pasó a la posteridad gracias al teorema que lleva su nombre. Presentado bajo forma de una simple anotación sobre una página de la *Aritmética* de Diofante, que fue indemostrable hasta 1995. Su descripción es muy simple a pesar de la complejidad de la demostración. Pitágoras demuestra que el cuadrado de la hipotenusa es igual a la suma de los cuadrados de los catetos. Diofante, explorando los misterios de las ecuaciones del segundo grado, escribe de su puño $x^4 + y^4 + z^4 = u^2$. Fermat comentó: "Puedo realizar una demostración ciertamente maravillosa de esta proposición, que no se puede escribir en este margen”.[29] Esta simple frase ha puesto los matemáticos en jaque a lo largo de trescientos ochenta años, para intentar de encontrar la justificación teórica de lo que una multitud de observaciones confirman. En 1993, el inglés Andrew Wiles declara haber resuelto el problema después de siete años de trabajo en Princeton. Sus resultados se publicaron en los Annals of Mathematics de 1995, lo que no ha impedido a los sabios seguir discutiendo sobre su contenido exacto.

[27] HOGBEN (1968): 551; HACKING (1975): 58-59.
[28] DAVID (1962): 71-75.
[29] TURNBULL (1951): 131.

El "último teorema de Fermat" es una curiosidad, pero la solución que aportó al “problema de los puntos” supuso un gran servicio a la sociedad: es la piedra angular del sistema de los seguros modernos y otras técnicas de gestión del riesgo.

Si se quiere resolver el "problema de los puntos", hace falta saber: el jugador que inicia el juego tiene más posibilidades de ganar la partida. Queda por determinar exactamente su probabilidad comparada con la del adversario. La correspondencia que tuvieron Pascal y Fermat en 1654 marcó una inflexión en la historia de las probabilidades.

Contestando al caballero de Méré, le propuso un método de análisis sistemático de los resultados a obtener. Considerando que, en teoría, pueden ocurrir más cosas que en la realidad, Pascal y Fermat elaboraron un procedimiento para determinar la probabilidad de cada posible evento, partiendo del principio que puede expresarse matemáticamente. Abordaron la cuestión bajo ángulos diferentes. Fermat se decantó por el álgebra pura; más original, Pascal recurrió a la geometría para hacer resaltar la estructura subyacente.

Omar Khayyam lo explicó en el siglo XII, cuando en 1303, Chu Shih-chieh, matemático chino, se sirvió de lo que llama "el precioso espejo de las cuatro estaciones”. Cardano menciona un procedimiento semejante[30]: es el antepasado del "triángulo de Pascal”. (Gráfico 2).

Hay que reconocer que no se ha dicho nada nuevo, señala Pascal. El tema se presenta de otra manera. Al juego de pelota, los dos adversarios utilizan la misma pelota, pero uno se muestra más hábil que el otro.[31]

Gráfico 2. Triángulo de Pascal.

1
1 1
1 2 1
1 3 3 1
1 4 6 4 1
1 5 10 10 5 1
1 6 15 20 15 6 1

A primera vista se aprecian muchas características, pero la principal es muy simple: cada número es la suma de aquéllos que están a su derecha y a su izquierda sobre la línea anterior. Para calcular la probabilidad de que un acontecimiento se produzca, hace falta empezar por determinar los casos posibles (lo que Cardano llamaba el “circuit”). He aquí para que sirven los valores que aparecen en el triángulo de Pascal. En la cúspide, solo hay un resultado posible, en el que el grado de incertidumbre es igual a cero: es la probabilidad de un acontecimiento cierto. Las elecciones empiezan en la siguiente línea. Es el caso en el que hay igualdad de probabilidades de cada lado: se puede tener un hijo o una hija, puede salir cara o cruz. Si se suma las dos cifras, se consigue un 2, las caras de una moneda (dos posibilidades), o bien una probabilidad del 50% y así sucesivamente.

[30] HOGBEN (1968): 277-279; DAVID (1962):34.
[31] TURNBULL (1951): 131; EVES (1984): 6.

Con estos conocimientos se puede resolver el famoso "problema de los puntos”. Se puede sustituir para más comodidad, el juego de “balla” por el fútbol. ¿Qué probabilidad tiene de ganar la Copa del Mundo la selección, cuando ha perdido su primer partido? Si se parte del principio que, como en todo juego de azar, los dos equipos se suponen iguales, se regresa otra vez al " problema de los puntos".[32]

Puesto que el equipo contrario ya ha ganado un partido, solo quedan seis encuentros a disputar, de los cuales cuatro son decisivos. ¿Cuántos casos posibles hay? La selección puede ganar el segundo partido, perder el siguiente, y salir victorioso en los tres últimos, también podría empezar perdiendo dos seguidos y ganar los cuatro últimos, a no ser que logre en primer lugar los cuatro partidos decisivos y el equipo adversario deba contentarse con la victoria inicial y así sucesivamente.

¿Cuántas combinaciones posibles hay en seis encuentros? Basta con ir al triángulo de Pascal para obtener la respuesta.

La segunda línea, que enuncia una igualdad, propone dos resultados posibles. La tercera examina un caso de figura que presenta dos veces más variantes, en el caso una familia de dos niños, de modo que nos encontramos en presencia de cuatro resultados posibles (2^2). La cuarta línea muestra ocho resultados posibles (2^3), describiendo lo que puede ocurrir en una familia de tres niños. Es la última línea la que proporciona la solución: con un total de 2^6, ofrece al menos sesenta y cuatro combinaciones. Concretamente, se representaría así: 1, 6, 15, 20, 15, 6, 1.

La selección debe ganar como mínimo cuatro partidos para salir victoriosa del torneo, a sus adversarios les basta con ganar tres partidos para clasificarse primeros. Sólo tiene un modo de ganar los cinco últimos encuentros, ganando sistemáticamente al equipo adversario: he aquí por qué el conjunto de cifras comienza por el valor 1, que enuncia esta única posibilidad. Se pasa luego al 6, que corresponde a las seis combinaciones posibles, siguiendo las cuáles la selección lograría el torneo, teniendo sólo una derrota contra el equipo contrario (B).

BAAAAA	ABAAAA	AABAAA	AAABAA	AAAABA	AAAAAB

El siguiente número es el 15, que hace referencia a las quince combinaciones que permiten al equipo lograr dos partidos, con dos derrotas de sus adversarios.

Todos los otros casos de la figura suponen que el equipo contrario gane por lo menos tres partidos, lo que confirmaría la derrota de la selección. Existen, por consiguiente, veintidós combinaciones (1 + 6 + 15 = 22) permitiendo, al equipo A lograr el torneo habiendo perdido la primera manga, y cuarenta y dos combinaciones que aseguran la victoria a nuestros adversarios. Existen 22 posibilidades sobre 64 de subir a lo más alto del podio, algo más de una probabilidad sobre tres. Como indica Pascal, los jugadores son abstracciones subordinadas a las leyes matemáticas, en las que da completamente igual que la partida siga su curso natural.

[32] KOGELMAN y HELLER (1986): 58-60.

La correspondencia entre Pascal y Fermat es muy reveladora. Fermat le comenta a Carcavy que Pascal es "capaz de resolver cualquier problema". Pascal no ahorra elogios a Fermat: "Vuestros artificios numéricos (. . .) sobrepasan mi conocimiento".[33] Señala en otra cita que Fermat es un hombre "de una inteligencia muy notable de tal grado de excelencia [que sus trabajos] le conferirán un lugar de excepción entre los geómetras de Europa".[34]

Si se supone que deciden interrumpir prematuramente la partida, los jugadores recuperan su derecho de propiedad sobre el dinero que se ha apostado, "la regla que determina lo que se les devuelve será proporcional a lo que esperaban recibir de la Fortuna (…). Esta justa distribución lleva el nombre de división". Esta última está regida por las leyes de la probabilidad, que determinan el justo reparto de las apuestas. Visto desde este punto de vista, el paso adoptado por Pascal y Fermat anticipa la gestión del riesgo, aunque los dos no piensan en estos términos. Cabe señalar que sólo un inconsciente se aventuraría en una empresa en la que las reglas no se han puesto a la salida, se trate de un juego, de adquirir acciones de una sociedad, de construir una fábrica o de operarse de apendicitis.

En Port-Royal, Pascal emprende la redacción de una "Défense de la religión chretienne", que quedó inacabada, y que sólo se publicó después de su muerte bajo el título de *Pensées*. El pasaje más conocido se reduce a estas palabras: "Examinemos pues este punto, "Dios existe, o no existe". ¿Pero por qué opción nos decantaremos? La razón no puede determinar nada".[35]

Convencido de su dominio del análisis de las probabilidades, Pascal se realiza la pregunta en términos de juego de azar. Postula, en efecto, que se trata a una partida que se acaba en el infinito.

Según I. Hacking, el razonamiento de Pascal sirvió de base para la teoría de la toma de decisión, "como adoptar una línea de conducta si se desconoce lo que pasará".[36] La gestión del riesgo empieza necesariamente por aquí.

Los ingresos de la línea de transporte que creó Pascal financiaron un proyecto de gran importancia. En 1662, sus cofrades de Port-Royal[37] Arnauld y Nicole publican la *Logique de Port Royal ou l'Art de penser* (*Lógica de Port-Royal o el arte de pensar*), de la que se realizaron al menos cinco ediciones entre 1662 y 1668, traducciones en toda Europa, y será una obra de referencia hasta el siglo XIX. Según Hacking, Arnauld es "el teólogo más brillante de su tiempo".[38]

La última parte del libro contiene cuatro capítulos sobre las probabilidades, que tratan del desarrollo de una hipótesis a partir de una serie de hechos limitados, lo que se conoce hoy en día como inferencia estadística. Se encuentra, entre otras, una regla para determinar si se acepta o no la autoridad humana, una regla para interpretar los milagros y otra para los acontecimientos históricos, así como de la aplicación de valores numéricos a las probabilidades.

[33] GUILBAUD (1968)
[34] GUILBAUD (1968).
[35] DAVID (1962): 254.
[36] HACKING (1975): 62.
[37] HACKING (1975): 73-77.
[38] HACKING (1975): 25.

El último capítulo propone un juego de azar en el que participan diez personas, que apuestan cada una moneda con la esperanza de obtener las nueve de los otros. Existe pues, para cada uno, "nueve probabilidades de perder una moneda, y una probabilidad de ganar nueve". Ian Hacking señala que es aquí la primera vez que se cuantifica la probabilidad.[39]

Este pasaje es muy relevante en más de un sentido. Considerando que sólo se trata de un juego, el autor traza un paralelismo con los fenómenos naturales. Por ejemplo, según él, no nos arriesgaremos a ser fulminados un día, pero eso no impide que un gran número de personas se asusten excesivamente por el sonido del trueno. En consecuencia, "el miedo al peligro debería ser sólo proporcional a la gravedad de la amenaza, pero también a la probabilidad de que se produzca realmente”.[40]

He aquí una idea interesante según la cual se debe decidir con arreglo a la amenaza pero también de la probabilidad del acontecimiento. Podemos dar vueltas a la proposición con el deseo de obtener tal o cual resultado, mientras que el grado de creencia en nuestras posibilidades se toma en cuenta en el transcurso de la decisión.

La fuerza de este deseo, que se calificará de "utilidad", jugará pronto un papel central en las teorías de la gestión del riesgo. A los historiadores les encanta citar las "ocasiones malogradas", cuando alguien se ha aproximado mucho, sin obtener resultados, a un acontecimiento relevante. El triángulo de Pascal es un claro ejemplo de ello. Se ha visto que permite determinar la probabilidad de tener hijos o hijas en una familia de varios niños, o de valorar probabilidad de obtener un torneo dados los primeros partidos.

Pascal y Fermat han obtenido la clave de un método sistemático de cálculo de las probabilidades, y aunque no concluyen su proyecto, al menos lo han explicado a terceros. Sus sucesores, para quienes la *Logique de Port Royal* representa una etapa decisiva, obtendrán unas sabias lecciones, en cuanto a la gestión de las empresas y las necesidades sociales. En el siglo XVII, la idea de previsión económica, de anticipar los daños que puede padecer la sociedad es muy vaga para que Pascal o Fermat comprendiesen lo que les faltó por descubrir.

5. EL RIESGO Y EL NACIMIENTO DE LA ECONOMÍA COMO DISCIPLINA.

En el día a día se deben tomar decisiones disponiendo sólo de una información mínima. Basta con un trago de vino, o un poco de su aroma, para saber si el contenido de toda la botella es bueno. En otras palabras, sin una muestra no se podría tomar una decisión válida.

No se invierte en una empresa sin tener de antemano información relevante. El futuro solo se diseña a partir de los ejemplos del presente o del pasado. “En el conjunto", o "por término medio" son expresiones que pronuncian constantemente. Pero qué crédito se puede otorgar a esta ¿”media”? ¿En qué medida la muestra es representativa?

Por otro lado, ¿qué se entiende por "normal"? Los estadísticos bromean sobre el hombre que tiene la cabeza en el horno y los pies en el hielo y que en término medio, está bien.

---

[39] HACKING (1975): 74.
[40] HACKING (1975): 77.

Se recurre desde hace mucho tiempo al muestreo, las técnicas actuales están sencillamente más perfeccionadas que antaño. La monarquía inglesa conoce esta práctica desde 1279, bajo Eduardo I, que procede, regularmente, a un control de las monedas o “Pyx”.[41] Se trata de comprobar que las monedas recientemente acuñadas, se ajustan a las normas establecidas por la Casa de la Moneda, conteniendo la cantidad de oro y plata requerida.

Es en 1662, ocho años después del encuentro entre Pascal y Fermat, cuando se utiliza por primera vez muestras para realizar estadísticas. Se publicó una obra titulada *Natural and Political Observations made upon the Bills of Mortality* (*Observaciones naturales y políticas sobre los boletines de mortandad*), que recoge todos los nacimientos y las defunciones acaecidas en Londres entre 1604 y 1661, acompañados por un extenso comentario. Este libro es un hito en los anales de la estadística social: aborda el problema de los datos, que conforman la "materia prima" de la gestión del riesgo en todas sus formas. Ni demógrafo, ni contable, ni sabio, ni universitario, ni político, su autor, John Graunt, entonces con cuarenta y dos años, se dedica sencillamente al comercio de pequeños artículos de mercería, agujas y otros botones.[42]

Debió tener, sin embargo, un buen olfato para los negocios, pues ganó bastante dinero como para poder dedicarse a realizar este tipo de trabajos. Su biógrafo, John Aubrey, lo describe como "un hombre estudioso e ingenioso que iba muy temprano por la mañana a su despacho, antes de abrir su tienda, -es por ello que se muestra locuaz y chistoso”.[43] Entabla amistad con los intelectuales de la época, como William Petty con quien colaboró sobre el análisis estadístico de la población. Este último es un hombre brillante. En primer lugar fue médico, después geómetra, profesor de música y anatomía. Se enriqueció en la época de las guerras de Irlanda, y gracias a esto publicó una obra titulada *Political Arithmetick*, que le supuso ser considerado como el fundador de la economía moderna.[44]

Muchas veces reeditada, la obra de Graunt tuvo una amplia difusión. Como consecuencia de un artículo publicado en 1666 en el *Journal des Savants*, se inició un estudio semejante en Francia. John Graunt goza de tal notoriedad que Carlos II propone a los miembros de la recién creada Royal Society de aceptarlo en ella.

No se sabe lo que llevó a John Graunt a compilar sistemáticamente los nacimientos y las defunciones sobrevenidas en Londres. Sólo admite haber obtenido "una gran satisfacción al deducir muchas conclusiones sorprendentes e insólitas de estos lúgubres boletines de mortalidad... y siempre encuentro gran satisfacción en realizar trabajos que aporten algo nuevo”.[45] Persiguió un objetivo práctico: "Determinar cuantos individuos existen de cada sexo, estado civil, edad, religión, profesión, clase social, etc., para ejercer el comercio y el gobierno de forma más segura y mejor reglada; si se conocen las características de la población, se podrá medir lo que consume, de modo que se minimicen los riesgos de la actividad comercial“.[46]

---

[41] STIGLER (1977):493-500.
[42] MUIR (1961): DAVID (1962); NEWMAN (1988a)
[43] NEWMAN (1988g): 1394
[44]. HACKING (1975): 102-105.
[45] NEWMAN (1988): 1401.
[46] NEWMAN (1988): 1401.

De esta forma, Graunt inventó los estudios de mercado, suministrando a las autoridades los primeros datos referentes a los varones susceptibles de ser alistados en las fuerzas armadas.

Desde hace mucho tiempo, las parroquias registran los nacimientos y las defunciones. A partir de 1603, la municipalidad de Londres estableció un recuento periódico. En Holanda, se dispone de datos complementarios dado que las ciudades obtienen su financiación de la venta de rentas vitalicias: el ciudadano contrae, por un precio global, un tipo de seguro que le garantizará una renta de pequeño importe toda su vida, al igual que sus herederos. En Francia, las iglesias tienen al día los registros de bautismo y defunción.

Ni John Graunt ni William Petty han oído nunca hablar de Pascal o de Huygens, como confirma Ian Hacking. Sin embargo, "esta pasión por el juego, por las razones religiosas, por deseo de promover el comercio, o bien por motivos jurídicos, hacen aparecer estas ideas por todos los rincones".[47] John Graunt ha sabido aprovecharse de la coyuntura sin tener apenas conciencia de haber aportado algo nuevo.

En realidad, no ha realizado un muestreo, analizando el conjunto de los boletines de mortalidad. Sin embargo, es el primero en depurar los datos obtenidos en bruto.

De esta forma, sienta las bases de la estadística[48], (del latín vulgar “statisticus”, que significa "relativo al estado") en la que William Petty y él pueden ser considerados los cofundadores.

Todo cambió con la explosión demográfica. Es mejor saber, según William Petty, cuántos hombres pueden servir el país, cuánto dinero puede obtener por los impuestos. John Graunt se interesó menos en las cuestiones de orden político y más en las cuestiones relacionadas con el comercio.

Otros factores entraron en juego. Dos años antes de la aparición de las *Observations* de John Graunt, Carlos II, desterrado a Holanda, es llamado a ocupar el trono. Es la época de la Restauración: con el fin de la república y el absolutismo desaparece el control intelectual impuesto por los puritanos. Un aire de progreso y libertad invade el país. Se ven fluir las riquezas venidas de América, África y Asia. Paralelamente, los trabajos del joven Newton, de veintiocho años, proponen una nueva visión del mundo. Carlos II también es un espíritu libre: el "Merry Monarch" da ejemplo.

La iniciativa revolucionaria de Graunt transformará la simple recopilación de datos en un instrumento complejo, permitiendo interpretar el mundo que le rodea. Si embargo, será necesario esperar otra generación para calcular el margen de error entre estimaciones y los valores exactos.

Estudió los boletines que la municipalidad de Londres realizados desde 1603, año en que murió la reina Elizabeth y en que se produjo en la misma ciudad una terrible epidemia de peste. Se convirtió en algo urgente saber cuál era el estado de la salud pública.[49]

[47] HACKING (1975): 103.
[48] STIGLER (1977)
[49] HACKING (1975): 103-105.

En estos documentos se mencionan el número de muertes, la causa de la defunción, lo mismo que la cifra de los bautismos celebrados cada semana. Comprueba que entre el 12 y el 19 de septiembre 1665, 7.165 personas fallecieron a causa de la peste, y sólo 130 parroquias no fueron afectadas por la epidemia.[50]

El autor no emplea nunca la palabra "probabilidad", aunque el concepto esté implícito en su pensamiento. Por otro lado, aparece en sus escritos un análisis que recuerda al de la *Lógique de Port-Royal* sobre el miedo al rayo: "Ya que tantas personas viven en el miedo y la aprensión de contraer una de estas enfermedades temibles y tristemente célebres, me propongo establecer el número de víctimas que genera cada una de ellas; de modo que comparando sus cifras respectivas con el total de 229.520 (defunciones existentes en diez años), estas personas podrán medir el riesgo que poseen".

Por otro lado, comentó que "considerando que se estima que hay una posibilidad sobre dos que un individuo cualquiera viva diez años de más, he supuesto que una persona sobre diez arriesgara de fallecer al cabo de un año"[51] es la primera vez que el problema se expone en estos términos, como un caso relevante de probabilidad. Fiel a su empeño de redactar "párrafos sucintos, sin largas deducciones en términos verbales", Graunt procura no extenderse. Su propósito es realmente original: se trata de estimar la esperanza de vida, en la ausencia de una referencia a la edad, partiendo de los boletines de mortalidad.

Dado que "el 36% de los niños desaparecen antes de la edad de seis años" y que la mayoría de las personas mueren antes de setenta y cinco años. Graunt propuso la distribución contenida en la Tabla 1.

Tabla 1. Esperanza de vida según Graunt y American Demografics

Edad	Graunt (1654)	A. Demografics (1993)
0	100	100
6	64	99
16	40	99
26	25	98
36	16	97
46	10	95
56	6	92
66	3	84
76 ó sup.	1	70

-Graunt, en Hacking (1975): 108.
- Daniel, J. (1995): 4-5.

Como se puede apreciar, las estimaciones de Graunt conceden una esperanza de vida del 1% a un grupo de personas mayor de setenta y seis años. A título indicativo, la columna de la derecha facilita los resultados de un estudio semejante realizado en los Estados Unidos en 1993.

[50] STIGLER (1996).
[51] HACKING (1975): 107.

Se desconoce cómo el autor llegó a estos resultados, pero su cuadro tuvo un éxito notorio, tanto que se reveló exacto. W. Petty tomará este ejemplo para solicitar la creación de un Instituto Nacional de Estadística.

Petty intentará valorar la esperanza de vida desde su nacimiento, lamentando no disponer de información suficiente para poder realizarlo.[52] En su defecto, se inspira en las cifras obtenidas en una sola parroquia irlandesa para obtener conclusiones generales. En 1674, comunica a la Royal Society una esperanza de vida de dieciocho años, lo que difiere poco de la cifra de dieciséis años avanzada por John Graunt.[53]

Las *Observations* han provocado en los contemporáneos de Graunt una visión de su país de forma distinta; anuncian el análisis científico de los problemas de la sociedad inglesa, y los métodos para poner remedio. Este trabajo innovador sienta las bases de la toma de decisiones bajo la condición de incertidumbre. La toma y el análisis de muestras, el cálculo de las medias y la definición de una norma conforman el marco en que se desplegará el análisis estadístico. Nunca más se verá del mismo modo la probabilidad de un evento.

Treinta años después de la publicación de esta obra apareció un estudio del mismo tipo, que contribuyó de modo decisivo a la teoría de la gestión de los riesgos. Su autor, Edmond Halley, se considera el continuador de John Graunt.

A pesar de ser inglés, Halley trabaja sobre los datos que vienen de Breslau, ciudad del Este de Prusia (hoy Polonia), de la que se tiene desde hace mucho tiempo un registro preciso de los nacimientos y las defunciones.

En 1690, un sabio eclesiástico local, Caspar Naumann, examina estos documentos para demostrar la falsedad de ciertas supersticiones en curso, referentes a la influencia de las fases de la luna en los años llamados "climatéricos", años múltiplos de 7, que se consideraban en la época difíciles de superar: 35 años, 49 años, 63 años, sobre la salud. Dirige los resultados de su investigación a Leibniz, que él mismo comunica al Royal Society de Londres.[54]

Niño prodigio, Halley se interesa muy temprano por los cuerpos celestes e ingresa en Oxford provisto de sus gafas de veinticuatro pulgadas. No obtuvo ningún título y se dedicó a realizar un profundo estudio del cielo del hemisferio austral. La publicación de sus trabajos lo hizo famoso cuando sólo tenía veinte años. Dos años más tarde, ingresa en la Royal Society. Su visión "materialista" le impide ser profesor, pero las autoridades universitarias cambian de opinión y le otorgan una cátedra en 1703. En 1721, es nombrado astrónomo real en Greenwich, por recomendación expresa del rey.
Murió a la edad de noventa años. Personaje jovial, "asombrosamente agudo y vivaracho", tuvo numerosos protectores como el zar Pedro el Grande. En 1705, descubrió la aparición de veinticuatro cometas entre los años 1337 y 1698. Como tres, aparecidos en 1531, 1607 y 1682 presentaron similitudes, dedujo que se trataba del mismo, y más cuando ya se observaba desde el 240 antes de J.C. Más aún, prevé que se volverá a ver en 1758. En efecto, esto es lo que se produjo, ante el asombro de toda Europa. Cada setenta y seis años, el cometa que se avista desde la Tierra llevará desde entonces su nombre.

[52] HACKING (1975): 110.
[53] HACKING (1975): 105-110.
[54] NEWMAN (1988): 1393-1396; 1414-1432.

El estudio de los archivos de la ciudad de Breslau no es su especialidad, pero ha prometido a la Royal Society una serie de artículos, para publicar en su nueva revista, *Philosophical Transactions*. Deseoso de realizar algo original y consciente de las aproximaciones de John Graunt, que este último conocía, decide aplicar el método estadístico del análisis de los hechos sociales, sobre el modelo de la observación de los cuerpos celestes.

Los documentos transmitidos por Leibniz sobre Breslau, comprendidos en el período 1687-1691, informan con toda la exactitud y veracidad deseable, sobre edad y el sexo de los difuntos, lo mismo que sobre el número de nacimientos por año. La ciudad de Breslau al estar alejada del Báltico, no acogía a muchos extranjeros. Además, cuenta ligeramente con más nacimientos que defunciones, y la población es mucho más estable que en Londres.

Queda por determinar el volumen de los mismos. En esta ocasión, los datos son suficientemente precisos para que pueda intentarse una evaluación seria. Cruzando muchas estimaciones de la mortandad por franja de edad, Halley deduce que la ciudad de Breslau cuenta con 34.000 habitantes.

No queda más que dividir esta cifra por franjas de edad, desde el nacimiento hasta la extrema vejez y tabularlo de forma que se aprecie "una mejor idea del estado de la condición del género humano con todas los datos que disponemos actualmente”. Eso permite, entre otras, ver cuántos hombres son aptos para el servicio: en este caso 9.000 individuos, una proporción de 9/34 de la población, lo que podría ser considerado como una regla general.

En este trabajo, Halley utilizó la teoría de la probabilidad, que se aplicará a la noción de riesgo. Construyó un cuadro donde mostró las probabilidades que tiene un grupo de una edad determinada de perecer o no en el año. Tal cuadro permitió igualmente calcular el precio de un seguro vida con arreglo a la edad de la persona en cuestión: hay 100 probabilidades contra 1 de que un hombre de veinte años no muera en el año siguiente, cuando hay sólo 38 contra 1 para un hombre de cincuenta años.
El sistema de anualidades, en efecto, había aparecido por primera vez en el año 225 de nuestra era, por iniciativa de un jurista romano, Ulpino, cuyo método de cálculo de la esperanza de vida estuvo vigente hasta el siglo XVIII.

En toda Europa, se inspira siguiendo a Halley para entregarse a la estimación, salvo en Inglaterra, donde sus trabajos son ignorados de manera soberbia por el gobierno. El cuadro de HalIey no es sólo una curiosidad, sino el fundamento en el que descansa la ciencia actuarial.

En 1637, antes del nacimiento de Halley, un sabio cretense, de nombre Canopius, se prepara un café en sus apartamentos de Balliol College, en Oxford. Es sin duda la primera vez que se toma esta bebida en Inglaterra.

Tuvo tal éxito que se abrieron muy pronto cientos de “coffee house” en Londres. ¿Cuál es la relación existente entre ambos? Se encuentra sencillamente en que en uno de estos cafés nacerá la Lloyd's, que será a lo largo de dos siglos el “nec plus ultra” de las compañías de seguros.[55] Es un sector de actividad donde el análisis de muestras, el cálculo de medias, las observaciones imparciales y la definición de las normas juegan un papel esencial. El desarrollo de esta rama no es fruto del azar y coincide con la aparición de los trabajos de Graunt y Halley.

---

[55] FLOWER y JONES (1974); HODGSON (1884).

Los intercambios comerciales se desarrollan a un ritmo acelerado a lo largo de la segunda mitad del siglo XVII. Con los holandeses, la competencia es feroz.
Llegan cada día a Europa cientos de toneladas de mercancías extrañas: azúcar, especias, café, té, algodón, porcelana... En adelante, la riqueza no es sólo el patrimonio de los herederos de las grandes familias; se descubre, se gana, se acumula, se invierte... y se asegura.

Inglaterra debe, además, financiar sus conflictos con Francia (guerra de la Liga de los Ausburgo) y guerra de Sucesión de España, que se concluye después de una serie de reveses mutuos con el tratado de Utrecht (1713). El 15 de diciembre 1695, la Cámara de los Comunes avala el principal de la deuda nacional británica, que descansaba en la deuda pública. En 1849, el historiador y político Thomas Babintong Macaulay comenta: "El origen de esta deuda, que llega hasta nuestros días, pasa por ser el mayor prodigio que nunca ha desafiado la sagacidad y superado el orgullo de los filósofos y de los hombre de Estado."[56]

¿Qué papel jugó exactamente la Bolsa de Londres? ¿A qué técnicas financieras se recurrió en esos tiempos de guerra y de comercio, o se asistió a la emergencia de una nueva clase social, la burguesía? No se podía administrar la economía nacional sin saber lo que pasaba en otra parte del mundo. Se vuelve esencial estimar la duración media de los envíos, estar informado sobre las condiciones meteorológicas, medir los peligros presentados por las rutas marítimas todavía no muy conocidas.

En esta época, es en los cafés donde circulaba la información y se propagaban los rumores. Carlos II intentó su cierre en 1675, pero enmendó su decisión. Samuel Pepys, secretario del almirantazgo, frecuentaba uno de estos establecimientos para informarse sobre la llegada de los barcos, juzgando mucho más fiables las informaciones recogidas allí que las proporcionadas por sus servicios.

En el café de Edward Lloyd, abierto en 1687 cerca del Támesis, se encuentran las tripulaciones de los navíos que han anclado en el puerto de Londres. El lugar tuvo tal éxito que su propietario se vio obligado rápidamente a instalarse en unos nuevos locales, más amplios y cómodos, sobre Lombard Street. Edward Lloyd ha crecido en la época de Cronwell, conoció la epidemia de peste de 1663, el incendio de Londres en 1666, el envío de los holandeses en 1667, y la gloriosa revolución de 1688. No se contentó con ser un buen tabernero. Celoso de satisfacer las necesidades de su clientela, estableció en 1696 la famosa *Lloyd's List*, publicación periódica que toma el calendario de los movimientos de los navíos, suministrando informaciones meteorológicas y técnicas, gracias a una red de corresponsales distribuidos en todos los grandes puertos de Europa y de Inglaterra.

Organizó igualmente las subastas de barcos en su establecimiento, en el que un ala del local estaba reservada a los capitanes, para que pudiesen discutir los peligros de las nuevas vías marítimas. Abierto día y noche, el lugar era el "centro del mundo".

El espíritu de empresa que caracterizó estos tiempos de prosperidad generó grandes innovaciones en los seguros. Cualquiera podía asegurarse contra cualquier cosa: robo, bandolerismo, defunción por una consumición excesiva de ginebra o muerte de sus caballos.[57]

Desde el principio del comercio con las colonias, las aseguradoras marítimas establecieron su cuartel general en el café de Edward Lloyd por su situación estratégica. Pero

[56] MACAULAY (1848): 494.
[57] FLOWER y JONES (1974)

esto no es todo, pues las *Lloyd's Lists* suministrarán pronto las informaciones diarias sobre las cotizaciones de la Bolsa, los mercados extranjeros, las mareas del puerto de Londres, y más informaciones habituales sobre las travesías y los naufragios. Esta publicación goza de tal notoriedad que sus corresponsales se contentan con dirigir sus despachos al Lloyd's, sin precisar la dirección, hasta el punto de que el gobierno británico se sirve del mismo para anunciar el inicio de los combates navales.

Gracias al pago bajo mano de trescientas mil libras, Jorge I acepta en 1720 la creación de las primeras dos compañías de seguros oficiales, la Real Exchange Assurance Corporation y la London Assurance Corporation, concediéndoles el monopolio del sector. Ninguna otra sociedad puede competir con ellas, esto no impide a las personas ejercer por su cuenta, siendo fiadores a título personal, en la condición de "socios". Estas dos compañías atravesaron graves dificultades, por no llegar a reclutar a corredores experimentados.

En 1771, cerca de cien años después de la apertura del establecimiento, setenta y nueve "socios" de la Lloyd's aportan cien libras cada uno y fundan la Society of Lloyd's, una sociedad no registrada. "The Names", como se les llama, empeñan su fortuna y sus bienes para poder cubrir, según lo convenido en los contratos, las pérdidas provocadas por sus clientes. He aquí cómo ha contribuido la taza de café de Canopius a ver nacer la más célebre de las compañías de seguros del mundo.

En la misma época, este sector de actividad se desarrolla también en las colonias americanas, aunque los contratos más importantes son negociados en Inglaterra. Benjamín Franklin crea, en 1752, el First American, que asegura contra incendios, mientras que el Presbyterian Minister's Fund, fundado en 1759, propone el primer seguro de vida al otro lado del Atlántico. Estalla la guerra de Independencia: no pudiendo contar más con la Lloyd's, los americanos se ven obligados ha seguir trabajando con las compañías autóctonas. Así es como se ve aparecer la Insurance Company of North America, una sociedad por acciones, lo que es nuevo, con sede social en Filadelfia, que cubre tanto los daños por incendio como las fortunas transportadas por mar, así como seguros de vida.[58]

No hace falta esperar hasta el siglo XVIII para apreciar que el sector de los seguros toma una velocidad de crucero. En realidad, tuvo unos orígenes mucho más antiguos. *El Código de Hammourabi*, que realizó alrededor del año ocho mil a. J.C., permitió hipotecar un barco como garantía para la obtención de fondos para realizar su viaje. Nadie paga ninguna prima y si el barco se hundía, nadie debía rembolsar el dinero adelantado.

Esta primera forma de seguro marítimo se perfecciona con los romanos, apareciendo los primeros "socios". Para dar un empuje al comercio del trigo, el emperador Claudio, muerto en 54 después de J.C. se transformó en asegurador para cubrir a título oneroso, las pérdidas de los comerciantes. Algo parecido a lo que realizan actualmente nuestros gobiernos cuando acuden en ayuda de las "zonas catastróficas".

En Grecia y en Roma, los gremios crearon las cooperativas donde cada uno aportaba su contribución, para asegurar la subsistencia de las familias si el cabeza de familia faltase. Este sistema sigue en vigor en la época de Edward Lloyd, con las llamadas "sociedades amistosas" que ejercían un papel parecido a las compañías de seguros. El desarrollo de los intercambios comerciales a partir de la Edad Media arrastra el del sector financiero.

---

[58] MOOREHEAD (1989).

Amsterdam, Ausburgo, Amberes, Francfort, Lyon y Venecia se convierten en los grandes plazas bursátiles, mientras que se creó en 1310 una "Cámara de seguros" en Brujas. Los nuevos instrumentos de pago, como las letras de cambio, facilitan la circulación de las divisas entre el cliente y proveedor, el prestamista y el prestatario, lo mismo que entre los dominios pontificios y Roma.

Al margen del aspecto meramente financiero de la gestión del riesgo, los comerciantes tienen la sabiduría de diversificar sus actividades. Así es como procedía Antonio en el *Mercader de Venecia* de Shakespeare: "Mis pacotillas no se depositan sólo en una única bodega, ni en un solo punto; mis bienes no están a la merced del azar". (*El Mercader de Venecia*, acto 1, escena 1).

Pero no sólo se contenta con asegurar las mercaderías. Los agricultores, en primer lugar, padecen los caprichos de la naturaleza, bien sean inundaciones, sequía y otras plagas. Estos fenómenos independientes unos de otros, sobre los cuales el hombre no tiene el control, dan lugar al desarrollo de los seguros. En Italia, por ejemplo, los campesinos se reagrupan en cooperativas, para cubrirse ante imponderables: aquéllos que se han beneficiado de condiciones favorables acuden en ayuda de sus colegas menos afortunados. Fundada en Siena en 1473, la Monta dei Paschi, que se convertirá en uno de los grandes bancos de la Península Itálica, sirve de intermediario en las operaciones de este género.[59] Disposiciones análogas se encuentran en países en vías de desarrollo donde dependen casi exclusivamente de la agricultura.[60]

Los "suscriptores" italianos del siglo XV provocaron numerosos clientes descontentos, como de ello testimonia la carta que Francesco Di Marco Datini, que trata tanto con Barcelona como con Southampton, envía a su mujer: "Tratándose de asegurar a alguien, no les cuesta cobrar el dinero. Pero cuando sobreviene un desastre, se desdicen y no quieren cumplir con sus obligaciones."[61] Nuestro hombre sabía de qué habla, ya que contrató a lo largo de su vida más de cuatrocientas pólizas de seguro marítimo.

El sector de los seguros creció exponencialmente. En 1601, Francis Bacón presentó en el Parlamento un proyecto de ley para reglamentar las pólizas de seguro.

La meteorología no es el único factor a tener presente a la hora de enviar las mercancías: hace falta valorar también las necesidades del mercado en cuestión, tarifas practicables, las modas, sin nombrar, los gastos de almacenamiento, hasta que los productos no sean vendidos, entregados y pagados. La previsión, asimilada mucho tiempo a una pérdida de tiempo, o a un pecado, se vuelve una absoluta necesidad para los empresarios del siglo XVII.

Lo que parece hoy en día lo más normal, entonces era un auténtica una novedad. Tanto que los matemáticos no imaginan que sus descubrimientos puedan tener aplicaciones sobre el plano comercial. Hace falta esperar a que un personaje como Graunt ampliase el debate. No es sólo una cuestión de suerte ganar a los dados o al juego de “balla”.

También Halley, que contribuyó hasta el punto de calcular la esperanza de vida, sólo ve en la probabilidad un ejercicio intelectual reservado a los enamorados de las cifras, como

[59] CHICHILNISKY y HEAL (1993).
[60] TOWSEND (1995); BESLEY (1995).
[61] FLOWER y JONES (1974): 13.

testimonia su total indiferencia a los trabajos de Pascal sobre la ley de las probabilidades, realizados treinta años antes.

Para ello sería necesario que se produjese una verdadera revolución conceptual, pasar del enunciado de certezas de tipo matemático a la evaluación de las probabilidades de llegar a tal o cual resultado, de la toma de datos para su utilización en este sentido.

Unos aparecerán contemplando las estrellas, otros manipulando la idea de probabilidad de un modo que Pascal y Fermat no habrían sospechado. Pero el protagonista del siguiente epígrafe se muestra más original: introduce la cuestión básica, proponiendo de una sola vez varias soluciones en las que uno se podía inspirar.

6. EL SIGLO DE LAS LUCES Y EL AVANCE EN LA CUANTIFICACIÓN DEL RIESGO.

Algunos años después, los trabajos decisivos de Pascal y Cardano encontraban aplicaciones insospechadas. Graunt, Perry y Halley extienden el concepto de probabilidad al análisis de los datos, mientras que la *Logique de Port-Royal* enlaza medida y subjetividad como en esta frase: "El miedo al mal debe ser no sólo proporcional a su gravedad, sino también a su probabilidad".

En 1738, los *Comentarios* de la Academia Imperial de las Ciencias de S. Petersburgo presentan una prueba en latín sobre el tema: "El valor de un artículo depende menos de su precio, que la utilidad que aporta".[62] Hace referencia a una lectura de 1731 bajo el título *Exposition d'une nouvelle théorie de la mesure du risque.* Es pura hipótesis atribuir a este autor apasionado por los caracteres itálicos la lectura de la *Logique de Port-Royal*, pero el parecido resulta sorprendente y más si se considera que el texto ya era conocido en la Europa del siglo XVIII. La argumentación es la siguiente: toda decisión relativa a una toma de riesgo tiene en cuenta dos elementos indisociables: los hechos objetivos y el punto de vista subjetivo sobre la oportunidad de pérdida o de ganancia correspondiente a la decisión.

Daniel Bernouilli cuyo discurso representó un gran avance, no sólo en la teoría de las probabilidades sino también en el estudio del comportamiento humano. La relación que establece entre la cuantificación y la intuición de las cosas afecta por un igual a todas las facetas de la vida.

Daniel, matemático de origen suizo de treinta y ocho años[63], hijo de una familia erudita, posee la misma inteligencia que el resto de los numerosos Bernouilli que destacan desde finales del siglo XVII en las Ciencias, el Derecho, las Letras y la Administración. El patriarca, Nicolás (1623-1708), era un rico mercader de Basilea, cuyos antepasados habían huido de Amberes en 1585. Tuvo tres hijos, Jacob, Nicolas I y Johann. Es Jacob quien descubre la ley de los grandes números que publica en su *Ars conjectandi*. La enseñanza de las matemáticas, la mecánica y la astronomía le llevó a tener numerosos discípulos en toda Europa.

Newman describe al menor Johann, padre de Daniel, como "violento, injurioso e incluso deshonesto". Cuando Daniel se lleva el premio de la Academia de las Ciencias por su

[62] BERNOULLI, D (1738).
[63] NEWMAN (1988f):759-761.

trabajo sobre las órbitas planetarias, su padre, que también lo codiciaba, lo echó a la calle. Johann murió a la edad de ochenta años, "en plena posesión de sus facultades y su maldad hasta el fin". Cuando su tío Jacob fallece fruto de una larga enfermedad en 1705, su sobrino Nicolás II se encarga de la publicación del *Ars conjectandi*, que estaba inacabada, necesitando ocho años para su publicación. Se excusa en la introducción justificando este retraso por sus "viajes" y por su "inexperiencia".[64] Se le perdona de buen grado, ya que le ha dado el tiempo de recoger la opinión de eminentes matemáticos como Isaac Newton. En más de una carta se recogen citas en Londres o París para consultar con los sabios en persona. Realiza su aportación personal con la aplicación de la conjetura y de la teoría de las probabilidades al dominio del derecho.

Para complicar las cosas, Daniel Bernouilli tuvo un hermano cinco años mayor que él llamado Nicolás. Es Nicolás III quien inicia a Daniel en las matemáticas, desde los once años. Como mayor, ha recibido el soporte paterno y el dominio de cuatro lenguas a la edad de ocho años. Es doctor en filosofía de la universidad de Basilea con diecinueve años, y luego nombrado profesor de matemáticas en San Petersburgo con treinta años. Muere de unas fiebres malignas el año siguiente.

Daniel es llamado el mismo año y acude a San Petersburgo hasta en 1733, fecha en la que acude a la universidad de Basilea como profesor de Física y Filosofía. Forma parte de los sabios que Pedro el Grande acoge con la esperanza de hacer de su nueva capital un lugar privilegiado desde el punto de vista cultural. Galton enumera sus títulos: "Médico, botánico, anatomista, especialista en hidrodinámica"[65] a los cuales se le podría añadir el de estadístico.

Bernouilli simboliza en su época la reacción de la razón frente a los conflictos religiosos del siglo anterior. El orden neoclásico reemplaza el fervor barroco de la Contrarreforma. Es en este contexto de equilibrio que Bernouilli transforma la espiritualidad de la *Logique de Port-Royal* en un discurso articulado en la dirección de la lógica de su tiempo.

Empezó por exponer la siguiente tesis: "Desde que los matemáticos estudian la medida del azar, se basan en la siguiente proposición: los valores descontados se calculan multiplicando cada ganancia eventual por el número de casos que puede producirse, y después, dividiendo la suma de estos resultados por el número total de casos".[66]

Cada día se pone en práctica el concepto de utilidad. Es similar a "valor descontado" aunque esta expresión sea más técnica: es la suma de los valores de cada resultado multiplicado por la probabilidad de cada uno de estos resultados. ¿Cómo calcularlos en los dados? Si se suman los once números que son susceptibles de salir (2+3+4+5+6+7+8+9+10+11+12), se obtiene 77. El valor de una tirada de dos dados es de 77 divididos por 11, exactamente 7. La Tabla 2 realizada por Cardano, indica todas las combinaciones posibles para los once resultados.

Tabla 2. Probabilidad ponderada con la suma de dos dados.

Suma	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Prob.	1/36	2/36	3/36	4/36	5/36	6/36	5/36	4/36	3/36	2/36	1/36

[64] DAVID (1962):133-135.
[65] STIGLER (1993).
[66] Las citas provienen de BERNOULLI (1738).

P.Pon.	0,06	0,17	0,33	0,56	0,83	1,17	1,11	1,0	0,83	0,61	0,33
Total											**7**

El valor descontado de una tirada de dos dados iguala 7, lo que confirma el cálculo de los 77/11. Bernouilli reconoce el ingenio de estos cálculos pero subrayó que la vida diaria es otra historia. Si se conocieran las probabilidades, los responsables procurarían optimizar la utilidad por encima del valor, estimado según el mismo método.[67]

Tomemos un ejemplo: A. Arnauld acusaba a las personas que tienen miedo a ser alcanzadas por un rayo de sobrestimar la débil probabilidad de ser ellos las víctimas. Bernouilli formula claramente esta situación: estos últimos ponen el acento sobre las consecuencias y no sobre la probabilidad de tal acontecimiento, lo que implica que la intuición determina la medida.

Partiendo de la base de que cada uno valora de forma diferente el riesgo según su posición, Bernouilli introduce su idea central: “La utilidad que resulta del mínimo aumento de las riquezas será inversamente proporcional a la cantidad de bienes adquirida. (…) Considerando la naturaleza humana, parece que esta hipótesis pueda ser válida para muchos individuos, implicados en la comparación”.

La idea de que el valor de la ganancia es inversamente proporcional al capital representa un gran paso en la historia de las ideas. En menos de una página, Bernouilli ha convertido el cálculo de las probabilidades en un procedimiento que integra la subjetividad en caso de elección bajo incertidumbre.

Por primera vez, Bernouilli aplica una medida a aquello que no puede ser contado. Cardano, Pascal y Fermat han suministrado el método de evaluación del riesgo pero Bernouilli presenta al jugador, que elige cómo apostar y decide si apuesta. La teoría de las probabilidades facilita las elecciones posibles, mientras que Bernouilli define las motivaciones de la persona que elige. Es el nacimiento de una nueva disciplina de estudio en un novedoso cuerpo de doctrinas.

Propone varios ejemplos, el más conocido es la paradoja de S. Petesburgo, que le ha sido sugerido por su primo el célebre Nicolas Bernouilli, el editor “tardio” del *Ars Conjectandi*.

Pierre y Paul juegan a cara o cruz. Pierre es quien lanza hasta que obtenga cara. Regala a Paul un ducado si llega a la primera, dos en la segunda, cuatro en la tercera, etc. En cada lanzamiento, le propone pagar el doble del anterior. Cuánto aparece un tercero en discordia que deberá pagar a Paul -provisto de una hermosa hucha- para tener el privilegio de jugar en su lugar?.

La paradoja se genera por que el método de cálculo valora las perspectivas de Paul hasta el infinito, pero nadie está dispuesto a pagar dicho precio. Cualquier persona razonable se contentaría con revender su suerte por veinte ducados.

Se exprese en ducados o en euros, la evaluación de las probabilidades de Paul ha llamado la atención de muchos especialistas. Una historia de las matemáticas de I. Todhunter,

[67] BODIE, KANE y MARCUS (1992), cap. VII; KRITZMAN (1995), cap. III.

publicada en Inglaterra en 1865, hizo numerosas referencias sobre ello y discute las soluciones propuestas en el intervalo[68]. Sin embargo, el estudio de Bernouilli se traduce al alemán hasta 1896. Unos análisis matemáticos complejos de la paradoja fueron recogidos por John Maynard Keynes en su *Tratado sobre la Probabilidad* (1921). Hizo falta esperar hasta 1954 para que se realizase la traducción inglesa de la Nueva teoría de Bernouilli.

La paradoja de S. Petesburgo es más que un ejercicio académico sobre los participantes en los resultados del juego de cara o cruz. Durante los años treinta hubo inversores que se dejaron tentar, despreciando las leyes de la probabilidad. Antes de la crisis del petróleo, los gerentes de cartera creían tanto en el crecimiento y en los valores del "Nifty-Fifty" en particular, que a ellos no les importaba pagar cualquier precio por las acciones de Xerox, Polaroid, IBM o Coca-Cola. Consideraban que, el riesgo no era el de adquirir demasiado caro, sino comprarlo todo. Estos inversores estaban seguros que el rendimiento justificaba la apuesta.

¿Pero qué es el infinito para un inversor? Jeremy Siegel, profesor de la Wharton School of Business, ha calculado con detalle el resultado del Nifty-Fifty durante trece años[69]. Una cartera de los cincuenta valores, también adquirida en su valor más alto nivel en 1972, habría tenido un rendimiento global inferior de un punto al del índice S&P. Si estas mismas adquisiciones hubieran sido realizadas dos años antes, en 1970, la cartera habría superado un punto al S&P 500.

Para los individuos pacientes que prefieren las sociedades conocidas cuyos productos se encuentran en el almacén, el Nifty-Fifty era aceptable. La utilidad de tal cartera era menor para el inversor quien no desea un fondo, que de veinte años ha perdido dinero durante cinco. Veinte años no aseguran el rendimiento a noventa días de los bonos del Tesoro, y sólo once años tuvieron un mejor resultado que el índice S&P 500.

Bernouilli creó otro concepto esencial en la economía moderna: el concepto de capital humano. Proviene de la definición de la riqueza como todo lo que puede contribuir a la satisfacción de una necesidad, de modo que nadie puede pretender no poseer nada salvo que esté a punto de morir de hambre.

¿Qué forma toma en la mayoría de los casos esta riqueza? Según Bernouilli los bienes tangibles y financieros tienen menos valor que el capital de producción, incluido el talento del mendigo. Si éste gana 100 euros al día pidiendo caridad rechazará una oferta de 50 euros por dejar su actividad. Pues, una vez gastada esta suma, no podría atender sus necesidades. ¿Cuál sería a sus ojos un importe aceptable? Si es de 100 euros, por ejemplo, puede decirse que este mendigo es rico por un equivalente a 100 euros.

Hoy, se considera el capital humano, la experiencia profesional, la formación, el talento, como una llave fundamental de la economía mundial y sus mutaciones. Juega el mismo papel para el obrero de la fábrica que en los medios de producción de su patrón. A pesar de la concentración de riqueza desde la época industrial, el capital humano representa la principal fuente de renta para la inmensa mayoría de las personas. Sin esto, por ejemplo, no habría tantos contratos de seguros de vida.

---

[68] TODHUNTER (1949); BASSET (1987).
[69] SIEGEL (1994), cap. VIII.

La teoría de los juegos sería para Bernouilli un medio de formular el problema del deseo de conseguir riquezas y de aprovechar las oportunidades, incidiendo sobre la decisión y no sobre el cálculo de las probabilidades.

Su fin es establecer las reglas a través de las cuales estimar las probabilidades de toda operación de riesgo con arreglo a sus propias posibilidades financieras. Para los inversores, gerentes, y otros consultores, Bernouilli habla de oportunidades: desde ahora en adelante, el riesgo no representa más un peligro, sino un abanico de alternativas entre cuáles elegir.

Su concepto de "utilidad" ha tenido éxito hasta la actualidad. Anticipa el principio de la ley de la oferta y la demanda, verdadera revolución que permitió una mejor comprensión de los mercados y de los mecanismos de la fijación de precios.

Durante dos siglos, la utilidad sostuvo el debate sobre el libre albedrío, mucho más allá de las cuestiones financieras. En efecto, cada uno no dispone de información diferente, pero la interpretación de los hechos puede variar según los individuos.

Por muy moderno que fuese Bernouilli, no dejó de ser un hombre de su tiempo. Se inspiró en el entorno intelectual del siglo de las Luces, cuando la humanidad estaba ávida de conocimientos. Diderot se dedicó a la gigantesca *Enciclopedia*, y Samuel Johnson preparó el primer diccionario de la lengua inglesa. Voltaire elogiaba la sociedad mercantil, mientras que Haydn definió los cánones de la sonata y de la sinfonía. Esta confianza en la capacidad del progreso se traduce en la Declaración de Independencia, en la primera Constitución de los Estados Unidos y conducirá a los ciudadanos franceses a extremos violentos. La coronación de la Razón pasa por la decapitación de Luis XVI durante la Revolución Francesa.

El logro de Bernouilli fue reconocer a cada uno su sistema de valores. Abrió camino en el estudio del comportamiento humano afirmando que las decisiones eran previsibles y sistemáticas. En principio, todo el mundo desea hacerse rico. Pero la intensidad de este deseo varía según el saldo de la cuenta corriente. La satisfacción que produce la ganancia disminuye en la medida en que aumentan las mismas, de forma recíproca, aumentará el desagrado a causa de una pérdida.

Basta con asimilar el paralelismo entre la fortuna vista como un muro de ladrillos en el que cada fila adicional de ladrillos tiene una altura menor. La última fila será más alta que aquella que se pueda añadir. La pérdida de una fila de ladrillos supone un prejuicio mayor que la satisfacción de añadir una nueva.

El éxito de las loterías nacionales, que pueden ser calificadas como "impuestos voluntarios", es la excepción que confirma la regla pues el beneficio obtenido por el Estado, constituye una injusticia flagrante para la masa de jugadores.

Según Daniel Bernouilli: "Todas nuestras proposiciones derivan de la experiencia y sería erróneo considerarlas como hipótesis de colegio".[70] Las críticas posteriores pusieron de manifiesto sus límites, sobre todo, porque el supuesto de racionalidad no se reproduce en la realidad. Hasta su "desballestado" en el siglo XX, el concepto de utilidad alimentó el debate. Bernouilli no podía imaginar tal éxito, puesto de manifiesto por los sabios que "descubrieron" esta teoría por su cuenta, desconociendo el nombre de su inventor.

[70] NEWMAN (1988f): 758.

En el siguiente epígrafe, se exponen los pasos de gigante realizados en el siglo XVIII en el tratamiento de la información y en la aplicación de la teoría de la elección existente en la actualidad.

7. PRINCIPALES APORTACIONES EN LA CUANTIFICACIÓN DEL RIESGO EN EL SIGLO XVIII.

El primero en concebir la relación entre probabilidades y bases de datos fue Jacob Bernouilli, el tío de Daniel (1654-1705). Era un niño cuando Pascal y Fermat rivalizaban por sus proezas aritméticas. Contemporáneo de Isaac Newton, dispuso de bastante talento, carácter y audacia para ser un rival del gran sabio.[71]

Las preguntas que se formuló representaron por si solas un gran avance, sin hablar de las respuestas. Jacob se interesó por el tema, después de veinte años de reflexión, y no terminó hasta la víspera de su muerte, con ochenta años.

Fue en 1703 cuando Jacob expuso la posibilidad de desarrollar las probabilidades a partir de muestras representativas. En una carta a su amigo Leibniz, se sorprende de saber las probabilidades de conseguir un 7 más que un 8 en el juego de dados, cuando se desconoce la probabilidad que un hombre de veinte años sobreviva a un hombre de sesenta años. ¿No puede resolverse el problema examinando una amplia muestra de hombres de las dos edades?

Leibniz elude la pregunta: "La Naturaleza ha establecido modelos basados sobre la repetición de los acontecimientos, pero sólo en parte. Nuevas enfermedades atacan a la humanidad; de modo que, cualquiera que sea el número de experiencias que se practiquen sobre los cuerpos, no se puede imponer un límite a la naturaleza sobre los acontecimientos que sean susceptibles de variar el futuro”.[72]

Leibniz subraya en griego la expresión "sólo en parte": el número acabado de experiencias que sugiere a Jacob le parece inevitablemente demasiado débil para calcular las intenciones de la naturaleza. Señala más tarde en su correspondencia: "Es cierto que utilizar las observaciones modernas enumeradas en Londres o París para juzgar la mortalidad de los Patriarcas de antes del Diluvio nos induciría a error”.

Jacob no se deja desarmar sino que prosigue con su razonamiento. La advertencia de su amigo no será en vano. El *Ars conjectandi*[73], (*El arte de conjeturar*), aparece en 1713 gracias a su sobrino Nicolás, ocho años después su muerte. Allí demuestra donde acaba el arte de pensar y donde empieza el arte de prever. En este sentido, la conjetura es el arte de valorar el todo mediante una parte.

Jacob Bernouilli observó que, según la teoría de las probabilidades, hacía falta para medir la aparición de un acontecimiento "calcular exactamente el número de casos posibles, luego determinar cuál tiene más probabilidad de producirse”. Lo que limita casi exclusivamente el empleo de las probabilidades a los juegos de azar. Hasta allí, los cálculos de Pascal levantaban sólo curiosidad intelectual. Jacob revela que sus esperanzas van más

[71] NEWMAN (1988f):759-761.
[72] KEYNES (1921), cap. XXVIII.
[73] DAVID (1962):133-139; STIGLER (1986): 63-78.

allá: "Qué mortal (...) podría tener en cuenta las enfermedades, enumerar los casos posibles que atacan al cuerpo humano (…) y cuándo tal enfermedad puede ser fatal respecto a otra; la peste o la epilepsia, la epilepsia o la fiebre. ¿Y sobre esta base prever las relaciones entre la vida y la muerte para las generaciones futuras? ¿Quién puede jactarse de haber penetrado tan profundamente en la naturaleza del espíritu humano o en la maravillosa mecánica de los cuerpos, así como en los juegos que descansan en la agilidad mental o física para que pueda predecir cuál de los jugadores ganará o perderá?"[74]

Jacob hace una distinción crucial entre la realidad, la abstracción y la aplicación de las leyes de la probabilidad. Así la partida inacabada de Pacioli o la hipotética Copa del Mundo, citada con anterioridad, que se analizó por medio del triangulo de Pascal no tienen nada que ver con las situaciones reales. En realidad, los concursantes dan muestras de calidades diversas que se desconocen deliberadamente para hacer los pronósticos. El triángulo de Pascal puede dar sólo las indicaciones sobre la salida real de estos juegos.

Se pueden estimar las probabilidades del casino o de la lotería sin que sea necesario contar el número de boletos ni los números de la ruleta. Pero en la "vida real", la información es esencial. El problema que es no se dispone de suficiente información. La naturaleza establece unos modelos, que se cumplen sólo en parte.

En la Copa del Mundo descrita con anterioridad, los récords, la aptitud física o el coeficiente intelectual de los jugadores no cuentan, ni tampoco las reglas del juego. En el fondo, la teoría sustituye a la información.

El triángulo de Pascal contestaba a la sola pregunta: ¿cuál es la probabilidad de tal o cual resultado? La respuesta tiene un valor limitado, de forma que no se puede extrapolar.

La realidad requiere, sin embargo, que se valoren las probabilidades de este modo yendo de lo particular a lo general. La vida real se parece en raras ocasiones a los juegos de azar, donde se puede determinar la probabilidad de un resultado a priori, antes de que se produzca. Lo más frecuente, es hacer una estimación a partir del acontecimiento, a posteriori.

La contribución de Jacob Bernouilli al cálculo de las probabilidades es doble. Por una parte, define el problema de los datos cuando nadie había reparado en hacerlo. Por otra, propone una solución, en la que "bajo las mismas circunstancias, la aparición o la no aparición de un acontecimiento futuro seguirá también el modelo observado en el pasado". [75]

Jacob Bernouilli lamenta que la vida real suministre demasiada poca información para que se pueda aplicar las simples reglas de la probabilidad. Además, admite que el cálculo de las probabilidades después de los hechos no es mejor, a pesar de tomar el pasado como guía infalible. La dificultad de la tarea no precisa comentarios.

La realidad es una serie de acontecimientos empalmados unos a los otros. Por el contrario, los juegos de azar o el resultado de una vuelta no tienen ninguna influencia sobre el evento sucesivo. Los juegos se resumen en cifras redondas, en cantidades precisas mientras que la vida real lo matiza poco, mucho o nada.

[74] DAVID (1962): 133-139.
[75] BERNOULLI, J (1713): 1430.

El debate sobre la gestión del riesgo sigue a partir de ahora tres direcciones: el proceso de datos, la independencia de las pruebas y la evaluación cuantitativa. La pertinencia de estas condiciones determina la validez de los métodos de previsión del futuro. En verdad, el sistema de Jacob organiza la visión del pasado.

Por razones prácticas, se admite, implícitamente con bastante frecuencia, que las condiciones de la teoría de las probabilidades son respetadas, aunque se sabe que la realidad es mucho más compleja. Las respuestas proporcionadas son aproximadas, pero el método desarrollado por Jacob Bernouilli y los matemáticos posteriores dotan de una herramienta poderosa para calcular el futuro a partir de los datos limitados del pasado.

Se trata de la ley de los grandes números. Contrariamente a lo que se piensa, este teorema no permite validar los hechos observados, que son sólo una representación parcial de la realidad. Ni asegura que el aumento de las observaciones aumente la probabilidad de los resultados observados. Esta ley no sirve tampoco para mejorar la calidad de la experimentación: Jacob toma la opinión de Leibniz y renuncia a encontrar las respuestas por medios empíricos.

Supóngase que se juega a cara o cruz. La ley de los grandes números no estipula que la media de los lanzamientos se aproxime al 50% en el momento de lanzar la moneda. Un simple cálculo mental lo informa, sin necesidad de lanzar la moneda indefinidamente. La ley enuncia más bien, que si se multiplican las experiencias, el número de apariciones de un resultado dado (frecuencia relativa) tenderá hacia la probabilidad de este resultado. En este caso, la ratio de cruz respecto a la de cara variará en algunos puntos sin llegar al 50%. Es esta variable la que importa. No se busca la media exacta del 50% pero si la probabilidad de que el error entre la media exacta y la media observada sea inferior al 2%, por ejemplo. Eso no significa que lanzar la moneda hasta el infinito evite el error, aunque el margen de error sea infinitesimal y, en consecuencia, despreciable. La ley dice sólo que la media de muchos lanzamientos tiene más probabilidad, que la media de un pequeño número de lanzamientos, de acercarse a la media exacta. Y existe siempre la posibilidad de que el resultado observado exceda la diferencia del 2% prevista.

Jacob toma el ejemplo de una urna con 3.000 bolas blancas y 2.000 bolas negras. Supone que se desconoce el número de las bolas negras y blancas. Se procede, entonces, a una extracción en número creciente, para anotar el color de las bolas y devolverlas a la urna. Si esta extracción puede facilitar la "certeza moral", es decir la certeza práctica pero no absoluta, que la relación existente es de dos tercios, Jacob concluye que "podemos determinar el número de eventos a posteriori con una precisión casi igual que si se conocieran a priori".[76] Sus cálculos indican que 22.550 extracciones bastan para aproximar a 1.000/1.001 que el resultado se acerca en menos del 2% a la ratio exacta de 3/2.

Jacob no emplea la expresión de "certeza moral" a la ligera. Procede de su definición de las probabilidades, realizada por Leibniz: "La probabilidad, explica, que es un grado de certitud pero difiere de la certeza absoluta como la parte difiere del todo". [77]

Son los juicios individuales los que llaman la atención de Jacob Bernouilli. La condición suficiente de la certeza moral es la de estar casi segura. Leibniz la había definido

[76] BERNOULLI, J (1713): 1431.
[77] HACKING (1975): 145.

como "infinitamente probable". Jacob se contentó con sus 1000/1001 pero consideró otras aplicaciones: "Sería conveniente que los magistrados fijasen los límites de la certeza moral".

Ahora se puede, según Jacob Bernouilli, hacer una previsión sobre un tema desconocido, científicamente fundada como las previsiones realizadas en los juegos de azar. Es decir, trasladar las probabilidades de la teoría al mundo real: "Si, en lugar de una urna, tomamos la atmósfera o el cuerpo humano, que esconden una multitud de mecanismos y de anomalías, como la urna esconde las bolas, seremos también capaces de determinar por la observación, la frecuencia de tal acontecimiento respecto a otro".[78]

Pero Jacob tiene problemas con su urna. Que se necesiten 25.550 extracciones para alcanzar la certeza moral era a sus ojos excesivo. Parece que no se atrevió a dar el siguiente paso, pues su libro se acaba aquí. Concluyó melancólicamente con la dificultad de encontrar en la vida real casos u observaciones que satisfagan la condición de ser independientes unos de los otros. "Si todos los acontecimientos pudiesen reproducirse durante toda la eternidad, se encontraría que todo se produce en este mundo según las causas y las reglas definidas, y sería forzado reconocer, en última instancia, que hay cosas aparentemente fortuitas por necesidad,o por así decirlo, que existe un destino".[79]

Jacob Bernouilli muere en 1705. Su sobrino Nicolás recoge el testigo acabando mucho después su *Ars conjectandi*. Sus conclusiones aparecieron en 1713, año en que se publicó el libro.

Jacob partía de la probabilidad de que la diferencia entre el valor observado y el valor exacto se hallaría en cierto margen. Calculaba después el número de observaciones necesarias para acercar la probabilidad de éste resultado. Nicolás procede al revés.

Tomando un número de observaciones dado, calcula la probabilidad de estar en el margen previsto. Toma el ejemplo de la proporción de los nacimientos de 18 machos por 17 hembras. Sobre una población de 14.000, eso daría 7.200 hombres. Calcula cuando hay 43,58% de probabilidad contra 1 que el número real de machos se halla entre 7200 + 163 y 7200- 163, ó entre 7.363 y 7.037.

En 1718, Nicolás invita el matemático Abraham de Moivre a unirse a su investigación; el francés declina la invitación en estos términos: "Me encantaría ser capaz (...) de aplicar la doctrina de las probabilidades con fines económicos y políticos pero declino esta tarea para ponerla en las mejores manos".[80] Su respuesta muestra el camino recorrido en el dominio de aplicación de las probabilidades durante bastantes años.

De Moivre nace en 1667, protestante en una Francia cada vez más hostil a lo que no es católico.[81] En 1685, el rey Luis XIV revoca el edicto de Nantes, promulgado por Enrique IV, que aseguraba a los hugonotes los mismos derechos cívicos. Después de la revocación, el ejercicio del culto se prohíbe, la educación debe ser católica y la emigración prohibida. De Moivre es encarcelado dos años por sus creencias. Logra fugarse a Londres en 1688, donde la revolución acaba de desterrar los últimos vestigios del papismo; esto le supuso no volver nunca más a su país de nacimiento.

[78] HACKING (1975): 163.
[79] DAVID (1962):137.
[80] STIGLER (1988):71.
[81] STIGLER (1988), cap. II; DAVID (1962), cap.XV.

De Moivre tuvo unas condiciones de vida difíciles. A pesar de sus esfuerzos, no consiguió ningún cargo académico. Trabajaba como asesor de matemáticas aconsejando a jugadores y corredores de seguros sobre probabilidades. Con este propósito, dispuso de un local en Slaughter's Coffee House de St Martin's Lane, donde daba clases por la tarde. A pesar de su amistad con Newton y su elección a la Royal Academy en 1697, era un hombre amargado y solitario que murió en la miseria con ochenta y siete años.

En 1725, de Moivre publico *Annuities upon Lives* (*Rentas sobre la vida*), que comprende un análisis de las tablas de Halley sobre los registros de Breslau. Este libro de matemáticas se asocia también a los enigmas que los Bernouilli intentaban resolver.

Su primera incursión en el terreno de las probabilidades se tituló *De Mensura Sortis*, (*De la medida de las probabilidad*), publicado en 1711 incluido en una entrega de los *Philosophical Transactions* de la Royal Academy. En 1718, De Moivre la completó y publicó la versión inglesa bajo el título *Doctrine of Chances*, dedicada a su buen amigo Isaac Newton. *De Mensura Sortis* es sin duda la primera obra que define el riesgo como la posibilidad de una pérdida: "El riesgo de perder una suma es inverso al tiempo y la medida exacta es el producto de la suma apostada multiplicada por la probabilidad de la pérdida”.

En 1730, de Moivre trabaja en la línea de Nicolás Bernouilli para determinar el valor representativo de la muestra, respecto al universo del que se ha obtenido. Publica sus resultados en 1733 y los incluye en las ediciones ulteriores de la Doctrina de las probabilidades. Reconoce el camino iniciado por Jacob y Nicolás Bernouilli, pero quiere ir más lejos. La necesidad de proceder a 25.550 extracciones supone un obstáculo. Aunque, como lo sugiere J. Newman, Jacob Bernouilli se conformó con la "certeza" de que había una probabilidad sobre dos de que el resultado estuviera comprendido en un intervalo del 2% de la ratio de 3/2, bastaba con 8.400 extracciones. El criterio de 1.000/1.001 es en si mismo una curiosidad, actualmente los estadísticos aceptan una probabilidad de 1/20 como prueba suficiente de que un resultado es significativo y no debido al azar.

Los progresos realizados por de Moivre en la resolución de estas preguntas se encuentran entre las más importantes de las matemáticas modernas. A partir del cálculo de la estructura subyacente al triángulo de Pascal, dicho de otra forma la ley binomial, de Moivre demostró cómo una serie de extracciones al azar, como la urna de Jacob, se reparte alrededor de su valor medio. Imagínese que se extraen cien bolas seguidas, sin olvidar volverlas a introducir, anotando la proporción de negras y blancas; luego se vuelve a repetir el experimento. De Moivre prevé de antemano cuántas de estas proporciones se acercan de la proporción media de las extracciones, y cómo se reparten éstas alrededor de la media total.

Esta distribución configura la famosa curva en forma de “campana", a causa de su forma, o curva "normal”. Muestra un máximo de observaciones concentradas en el centro, cerca de la media del número total de observaciones. La curva vuelve a bajar simétricamente con un número igual de observaciones por un lado y por otro del eje de ordenadas, con mucha pendiente en el inicio para acabar de forma asintótica en los dos extremos.

Esta forma característica permite a De Moivre calcular la “desviación típica”, medida de vital importancia para valorar si las observaciones obtenidas forman parte de una muestra representativa o no. En una distribución normal, un 68% de las observaciones pertenecen a la “desviación típica” respecto a la media de todas las observaciones. La “desviación típica” indica si pertenece al caso extremo de “cabeza en el horno y pies en el agua”, o se encuentra en el término medio. La mayoría de las curvas se alejan de la región central. La desviación típica señaló que las 25.550 extracciones de Jacob dan una evaluación extremadamente precisa de la relación de las bolas negras y las bolas blancas, ya que una minoría de las observaciones se halla fuera de la media.

De Moivre quedó fascinado por el orden que aparecía a medida que aumentaba el número de observaciones independientes: "Aunque el azar produzca irregularidades, las probabilidades son sin embargo infinitamente grandes de que en el transcurso del tiempo, estas irregularidades no influyan en el recurrencia de este orden que resulta naturalmente de un Designio Original".[82]

De Moivre regaló a las matemáticas un instrumento capaz de valorar la probabilidad de que un número dado de observaciones se encuentre dentro de un intervalo específico alrededor de una ratio exacta. Eso permite numerosas aplicaciones. Por ejemplo, a los fabricantes, que se arriesgan a poner un producto defectuoso en manos del consumidor.

Sucede con más frecuencia, que el fabricante desconoce a priori cuántas unidades defectuosas por término medio produce la fábrica. Por mucho que se esfuercen, la ratio exacta puede estar por encima del 10 sobre 100.000. ¿Señala una muestra de 100.000 alfileres que la probabilidad de que esta ratio sea del 0,01% o superior? ¿Se sabría con una muestra de 200.000 alfileres? ¿Se encontraría entre el intervalo del 0,009% y el 0,011%? ¿O entre 0,007% y 0,013%? ¿Cuál es la probabilidad de que un alfiler sea defectuoso? En este caso, los datos son conocidos (10, 12, 1) y la probabilidad desconocida. Las preguntas formuladas de este modo muestran la probabilidad de las causas o probabilidad inversa.

Uno de los tratamientos más eficaces de ésta vino de un habitante de Kent, el pastor Thomas Bayes, nacido en 1701.[83] Se conoce poco de este miembro de la Royal Academy, sólo que no publicó nada en vida y que sus dos obras póstumas tuvieron poco éxito.[84] Sin embargo, su *Ensayo para resolver un problema de la doctrina de las probabilidades* lo inmortalizó entre los estadísticos, los economistas y especialistas en ciencias sociales. Este estudio es la base del método por inferencia de la estadística moderna. A su muerte, en 1761, lega su herencia, bajo forma de manuscrito, más cien libras esterlinas a "Richard Price, sacerdote de Newington Green".[85] Esta falta de precisión es extraña, pues Price no era un simple cura de campo en una aldea de Kent.

Richard Price tiene unos ideales de la libertad en general y de la libertad de culto en particular. Es un convencido del origen divino de la vocación moral de los derechos del hombre. Escribe sobre la independencia americana un libro cuyo título es bastante largo: *Observaciones sobre la revolución americana y los medios de obtener provecho el resto del mundo*. Con todos sus riesgos y peligros, protegió a los prisioneros de guerra trasladados a los campos ingleses. Tuvo como amigos a Benjamin Franklin y Adam Smith; Price y Franklin serían los primeros lectores críticos de sus *Investigaciones sobre la naturaleza y las causas de la riqueza de las naciones*.

[82] STIGLER (1993):85.
[83] STIGLER (1986); CONE (1952).
[84] GROEBNER y SHANNON (1993):1014.
[85] STIGLER (1988):123.

La deuda nacional se infla con las guerras contra Francia y las colonias. Estos "fondos para la eternidad" le parecen a Price "el Gran Mal Nacional".[86] Price es también un matemático y sus trabajos le abren las puertas del Royal Academy. En 1765, tres corredores de una compañía de seguros, "The Equitable Society" le solicitan su consejo para obtener las tablas de mortalidad sobre las que calcular sus primas. Price profundiza en los trabajos de Halley y de Moivre publicando dos artículos sobre este tema en *Philosophical Transaction*"; su biógrafo, C. Cone, comenta que su pelo se volvió cano en una noche de intensa concentración.

Price empieza por estudiar los archivos londinenses, pero la esperanza de vida se muestra por debajo de tasa de mortandad real.[87] Se dirige hacia los registros mejor llevados de Northampton y publica el resultado de su investigación en *Observaciones sobre los pagos de reversión* (1771), considerado como la Biblia en la materia hasta finales del siglo XIX. Es el padre del actuariado, esta ciencia compleja basada en todo cálculo de primas.

Sin embargo, las *Observaciones* contenían errores graves, debidos en parte a la falta de datos, nacimientos no declarados, por ejemplo. Además, Price sobrestima la tasa de mortalidad de los jóvenes, infravaloró la de los viejos y su estimación de los movimientos migratorios de la población es errónea. En conjunto, infravalora la esperanza de vida, de modo que las primas de seguro se muestran demasiado elevadas. La compañía de seguros se aprovechó de estos errores, que le supusieron un elevado coste al gobierno, pues las mismas tablas fueron utilizadas para determinar los fondos de pensión de las jubilaciones.[88]

Dos años después de la muerte de Bayes, Price envía una copia de su "muy ingenioso" manuscrito a John Canton, igualmente miembro de la Royal Society, acompañado de una carta explicativa. La demostración aparece publicada en 1764 en las *Transactions*.

Véase como Bayes expone el problema a resolver: "Si se sabe el número de veces que un acontecimiento desconocido se ha producido o no, se busca la frecuencia de que la probabilidad de realización de un solo evento se encuentre comprendida entre dos grados cualquiera de probabilidad".[89]

Tal y como se presenta, este problema es el contrario del que planteaba Jacob Bernouilli hacía sesenta años. Bayes buscó cómo determinar la probabilidad de un acontecimiento en circunstancias de las que no sabemos nada (si éste sólo se ha producido un cierto número de veces y no se ha reproducido). Por ejemplo, el alfiler puede ser defectuoso o perfecto. ¿Si identificamos diez alfileres defectuosos sobre cien, cuál es la probabilidad para que la producción total de alfileres contenga entre el 9% y el 11% de alfileres defectuosos?

La carta de Price refleja cuánto ha calado en la realidad el análisis de las probabilidades donde se toman decisiones. "Toda persona con sentido común comprenderá que el problema mencionado no es en ningún caso una especulación de la doctrina de las probabilidades, pero debe ser resuelto para asegurar la base de nuestros razonamientos referentes al pasado y lo que podamos deducir en el futuro".[90] Cabe señalar que ni Jacob

[86] CONE (1952):50.
[87] CONE (1952):41.
[88] CONE (1952):42-44.
[89] BAYES (1763).
[90] KENDALL y PLACKET (1977):134-141, reproduce la carta de Price y el ensayo de Bayes.

Bernouilli ni de Moivre lo han reflejado en estos términos, aunque este último haya calificado el problema como "lo peor que se pueda encontrar respecto al tema del azar”.

Bayes utilizó una comparación extraña considerando que era un hombre religioso: una mesa de billar. Se lanza una bola, que puede detenerse donde quiera. Se lanza otra a continuación, contando el número de veces que se para a la derecha de la primera. Es "el número de veces que un evento desconocido se ha realizado. Si la bola cae a la izquierda, el evento no se ha producido. De la probabilidad de localización de la primera bola, “prueba única”, se deduce el "éxito" o "fracaso" de la segunda”.[91]

El sistema bayesiano se aplica principalmente en la utilización de las nuevas informaciones para revisar las probabilidades fundadas sobre datos anteriores, o, en lenguaje estadístico, a la comparación de las plantillas teóricas con las plantillas observadas.

El proceso de revisión de la inferencia varía a medida que aparecen nuevas informaciones que convierte el teorema de Bayes en algo sorprendentemente moderno: en un mundo dinámico sometido a la incertidumbre, no existe una respuesta única. El punto en común de los trabajos expuestos aquí es la idea audaz de medir la incertidumbre. Para invertir la definición de Hacking, se puede decir que una cosa es incierta cuando nuestra información es correcta pero el acontecimiento no se produce, o cuando nuestra información es incorrecta y el acontecimiento se produce.

Jacob Bernouilli, Abraham de Moivre, Thomas Bayes enseñan cómo deducir las probabilidades a partir de la realidad empírica. La agilidad intelectual requerida para obtener estos conocimientos es un éxito por si sola. A su vez, es un desafío lanzado a lo desconocido.

Invocando al “Designio Original”, de Moivre se sorprende de la tarea realizada. Escribe que "si no nos dejamos cegar por un polvo metafísico, encontraremos el camino más corto y más seguro, hacia el reconocimiento del Creador y Gobernador de todo cosas".[92]

En el siglo XVIII, nada puede frenar la exploración de lo desconocido ni de las fuerzas de la creación. Los progresos de la gestión de la cuantificación del riesgo se intensificarán a medida que se aproxime el siglo XIX donde la época victoriana le dará un nuevo impulso.

12- BIBLIOGRAFÍA.

BALLARÍN, A (2006) *“Control del Riesgo de Crédito: Una propuesta de variables a considerar”. Ponencia de las VI Jornadas de Predicción de la Insolvencia Empresarial.* AECA. Carmona, Nov. 2006.

BALLARÍN, A (2008) **“**Elaboración de modelos sectoriales de predicción de la insolvencia mediante la inclusión de variables categóricas: una aplicación en el sector de la industria cárnica**”.** Tesis Doctoral: 28-94.

BASSETT, G. W. J. (1987): **«** The St. Petersburg Paradox and Bounded Utility **».** *History of Political Economy.* vol. 19, n^0 4: 517-522.

BAYES, T, (1763): **«** An Essay Toward Solving a Problem in the Doctrine of Chances **».** *Philosophical Transactions.* Essay LII: 370-418.

[91] STIGLER (1988):124-130.

[92] DAVID (1962):177.

BERNOULLI, D. (1738):, **«** Specimen Theoriae Novae de Mensura Sortis (Exposition of a New Theory on the Measurement of Risk): **»** traducido del latin por L. Sommer. *Econometrica*, vol. 22, (1954):: 23-36.
BERNOULLI, J. (1713):, *Ars conjectandi,* Resumido en NEWMAN, (1988): 1425-1432.
BESLEY, T. (1995): **«** Nonmarket lnstitutions for Credit and Risk Sharing in Low-Income Countries **»,** *Journal of Economic Perspectives*, vol. 9, n^0 3, jan: 115-127.
BODIE, Z, KANE, A.; MARCUS, A. J. (1992): *Essentials of Investments,* Homewood, Illinois, Irwin.
CARDAN, J. *(1648): Les Recueils d'emblèmes et les traités de physiognomonie de la bibliothèque universitaire de Lille,* vol. IX; La Métoposcopie.
CARDAN, J. (1992): *Ma vie,* traducido del latin por J. Dayre, revisado y editado por E. Wolf, Berlin.
CHICHINISKY, G. (1993): en HEAL, Geoffrey, **«** Global Environmental Risks **»,** *Journal of Economic Perspectives*, vol. 7, n^0 4, (1993):: 65-86.
CONE, C. (1952): *Torchbearer of Freedom: The Influence of Richard Price on Eighteenth Century Thought,* Lexington, Kentucky, University of Kentucky Press.
DANIEL, J. (1995): **"**This is your life table: Life expectancy in the U.S.". *American Demographics.* Feb. 17 (2): 4-5.
DAVID, F. N. (1962): *Games, Gods, and Gambling,* New York, Hafner Publishing Company.
EVES, H. (1983): *Great Moments in Mathematics (before 1950):*The Mathematical Association of America.
FITZGERALD, E. (1859) *The Rubaiyat of Omar Khayyam*. http://www.therubaiyat.com/fitzgerald.htm. Consultado el 18-08-2008.
FLOWER, R; WYNN JONES, M. (1974): *Lloyds of London: An Illustrated History,* Newton Abbor, GB, David & Charles,.
GARLAND, T. H. (1987): *Fascinating Fibonaccis: Mystery and Magic in Numbers,* Palo Alto, California, Dale Seymour Publications.
GROEBNER, D. F.; SHANNON, P. (1993): *Business Statistics: A Decision-Making Approach*, 4th ed., New York, Macmillan,.
GUILBAUD, G. T. (1954): *La Théorie des jeux,* Congrès des économistes de langue française.
GUILBAUD, G. T. (1968): *Éléments de la théorie mathématique des jeux.* Dianod.
HACKING, J. (1993): *Le Plus Pur Nominaliste: l'énigme de Googman.* Éclar.
HACKING, l. (1975): *The Emergence of Probability: A Philosophical Study of Early Ideas about Probability, Induction, and Statistical Inference,* London, Cambridge University Press.
HODGSON, G. (1984): *Lloyd's of London: A Reputation at Risk*, London, Allen Lane.
HOGBEN, L. (1968): *Mathematics for the Millions: How to Master the Magic Art of Numbers,* New York, Nomon.
HUFF, D. (1959): *How To Take A Chance,* New York, Norton,
KEMP, M. (1981): *Leonardo da Vinci: The Marvellous Works of Nature and Man,* Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press.
KENDALL, M. G. (1972):, «Measurement in the Study of Society **»,** en *PLACKETT* (1977):: 35-49.
KENDALL, M. G.; PLACKETT, R. L. (1977): *Studies in the History of Statistics and Probability,* vol. 2, New York, Macmillan,
KEYNES, J. M. (1921): *A Treatise on Probability* ,London, Macmillan.
KOGELMAN, S.; HELLER, B. R. (1986): *The Only Math Book You'll Ever Need* New York, Facts on File.

KRITZMAN, M. (1995): *The Portable Financial Analyst,* Chicago, Illinois, Probus.
MACAULAY, T .B. (1989): *Histoire d'Angleterre* (vol. I & II). Laffont.
MOOREHEAD, E. J. (1989): *Our Yesterdays: The History of the Actuarial Profession in North America, 1809-1979,* Schaumburg, Illinois, Society of Actuaries.
MORLEY, H. (1854): *Jerome Cardan: The Life of Girolamo Cardano of Milan, Physician,* London, Chapman and Hall,.
MUIR, J, (1961): *Of Men and Numbers: The Story of the Great Mathematicians,* New York, Dodd, Mead.
NEWMAN, J. R. (1988a):, *The World of Mathematics : A Small Library of the Literature of Mathematics from A'h-mosé the Scribe to Albert Einstein,* Redmond, Washington, Tempus Press.
ORE, O. (1953): *Cardano, The Gambling Scholar,* Princeton, New Jersey, Princeton University Press.
SARTON, G. (1957): *Six Wings of Science: Men of Science in the Renaissance,* Bloomington, Indiana, Indiana University Press.
SIEGEL, J. J. (1994): *Stocks for the Long Run: A Guide to Selecting Markets for Long-term Growth,* Burr Ridge, Illinois, Irwin Professional Publishing.
STIGLER, S. M. (1977): **«** Eight Centuries of Sampling Inspection: The Trial of the Pyx **»,** *Journal of the American Statistical Association,* vol. 72: 493-500.
STIGLER, S. M. (1986): *The History of Statistics: The Measurement of Uncertainty before 1900,* Cambridge, Massachusetts, The Belknap Press of Harvard University Press.
STIGLER, S. M. (1988): **«** The Dark Ages of Probability in England: The Seventeenth Century Work of Richard Cumberland and Thomas Strode **»,** *International Statistical Review,* vol. 56, 1: 75-88.
STIGLER, S. M. (1993): «The Bernoullis of Basel **»,** *Opening address no the Bayesian Econometric Conference*, Basel, 29 april 1993.
STIGLER, S. M. (1996): **«** Statistics and the Question of Standards **»,** *Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology*.
TODHUNTER, I. (1931): *A History of the Mathematical Theory of Probability from the Time of Pascal to that of Laplace,* New York, G. E. Stechert & Co.
TOWNSEND, R. M. (1995): **«** Consumption Insurance: An Evaluation of Risk-Bearing Systems in Low-Income Economies **»,** *Journal of Economic Perspectives,* vol. 9, 3: 83-102.
TURNBULL , H.W. (1951): "The Great Mathematicians" en Newman (1988a):73-160.