

El arte de conjeturar: la probabilidad matemática y la prudencia ética

Daniel G. **Campos**



Figura 1. Lápida de Jacobo Bernoulli
en los claustros de la catedral de Basilea.

El año pasado se conmemoró el tricentenario de la publicación de *El arte de conjeturar*,¹ obra de Jacob Bernoulli que fundó la probabilidad matemática y pilar de la ciencia moderna. Hubo precedentes importantes en el estudio de las matemáticas de los juegos de azar, especialmente por parte de Blaise Pascal, Pierre de Fermat y Christiaan Huygens. Sin embargo, en su célebre texto, Bernoulli demostró el primer teorema fundamental para la matemática de la probabilidad.

Aunque el razonamiento formal matemático era claro, la interpretación del teorema y su aplicabilidad a problemas prácticos fue debatido, por ejemplo en correspondencia de 1703 entre Bernoulli y el filósofo y matemático alemán G. W. Leibniz. Bernoulli sostenía que su teorema demostraba que en situaciones donde no se pueden calcular probabilidades *a priori*, éstas se pueden estimar *a posteriori*, por medio de observaciones empíricas.

Por ejemplo, si queremos calcular la probabilidad de que al lanzar un dado obtendremos un número par, sin necesidad de lanzarlo sabemos que la probabilidad es 3/6 porque el dado tiene seis caras y tres de ellas muestran un número par. Sin embargo, si queremos calcular la probabilidad de que un hombre de veinte años sobrevivirá a uno de sesenta, no podemos hacer el cálculo *a priori* pues no podemos conocer ni contar todos los casos posibles. En tales situaciones, Bernoulli sostenía que podemos estimar la probabilidad con base en observaciones empíricas, por ejemplo en la proporción de veces en que hombres de veinte años han sobrevivido a hombres de sesenta años en una muestra. Incluso podemos calcular cuántas observaciones necesitamos en la muestra para hacer la estimación con un nivel de precisión deseado.

La justificación de tales aseveraciones en cuanto al alcance del teorema de Bernoulli se sigue debatiendo. Sin embargo, su innovación matemática abrió el camino para que matemáticos como Abraham de Moivre (1657-1754) y Pierre Simon Laplace (1749-1827) desarrollaran el campo de la probabilidad matemática y naciera la ciencia estadística.

SABIDURÍA PRÁCTICA Y PRUDENCIA

Bernoulli procuraba desarrollar un arte matemática para la toma de decisiones prudentes en temas políticos, morales, económicos y jurídicos. Es decir, los objetivos del arte de conjeturar tenían principalmente un carácter ético, no científico, a pesar de la eventual importancia de su innovación probabilística para la ciencia moderna.²

Bernoulli presentaba el arte así:

Se dice que sabemos o entendemos aquellas cosas que son ciertas y están más allá de cualquier duda, pero que solo conjeturamos u opinamos acerca de todas las otras cosas. Conjeturar sobre algo es medir su probabilidad. Por tanto, definimos el arte de conjeturar, o el arte estocástico, como el arte de medir las probabilidades de las cosas con la mayor exactitud posible, con el fin de que en nuestros juicios y acciones siempre

podamos escoger o seguir aquello que hallemos mejor, más satisfactorio, o considerado más cuidadosamente. De esto depende toda la sabiduría del filósofo y todo el juicio práctico del estadista.³

Con su arte, los juristas sopesarían mejor la evidencia disponible para juzgar, los estadistas anticiparían los eventos socioeconómicos más probables y planearían mejor, y los administradores de anualidades, utilizadas por ciudades europeas del siglo XVII para recaudar recursos, proyectarían mejor el probable futuro demográfico de ciudades como su natal Basilea.⁴

Asociando conceptos en la historia de la filosofía, podemos pensar que Bernoulli procuraba proveer de un arte sistemático para evaluar evidencia y medir probabilidades a los estadistas de su tiempo y colocarlos en mejor situación epistémica –es decir, de conocimiento– que los estadistas de la antigua Grecia, según lo expresa Sócrates. En el diálogo *Menón*, Sócrates concluye su investigación acerca de la virtud o excelencia especulando que los estadistas griegos expresaban opiniones y tomaban decisiones por una especie de inspiración divina y no con base en el conocimiento o la sabiduría. En la modernidad europea, Bernoulli proponía que las decisiones de estadistas y juristas se apoyaran en su arte matemática y fueran, por tanto, razonables.

EL AUTOR Y SU CONTEXTO

Jacob Bernoulli (1654-1705) fue el primero de su famosa familia en destacarse en las matemáticas. Su padre, comerciante de especias, deseaba que Jacob fuera pastor y éste se graduó en filosofía (1671) y teología (1676) por la Universidad de Basilea. Sin embargo, las matemáticas eran su verdadera pasión. Hizo viajes a Francia, Holanda, e Inglaterra, donde conoció a destacados científicos y matemáticos de su época. De mentalidad cosmopolita, se consideraba a sí mismo ciudadano de Europa.

Después de sus viajes, regresó a Basilea en 1682, creó –como curso extracurricular paralelo a la universidad– un laboratorio experimental de física, y concursó por varios puestos de profesor en la Facultad de



Figura 2. Detalle de la lápida: *Mutata Resurgo Eadem*, con curva espiral logarítmica.

Filosofía hasta ganar el que quería, como Profesor de Matemática, en 1687. Como pastor Bernoulli hubiera ganado hasta 50% más de lo que ganaba como profesor de matemática en la universidad. Jacob escogió como su lema *Invito patre sidera verso* (A pesar de mi padre, me vuelvo hacia las estrellas).

Ya a inicios de la década de 1680 había comenzado a investigar las matemáticas del azar, según se evidencia en el cuaderno científico que escribió de manera disciplinada a través de su vida, y continuó sus investigaciones en varios períodos de actividad intensos. Antes de su correspondencia de 1703 con Leibniz sobre la probabilidad matemática ya había demostrado el teorema más importante del *Arte de conjeturar*. Sin embargo, no había encontrado ejemplos satisfactorios con datos empíricos para ilustrar su uso, y al morir en 1705 aun trabajaba en el manuscrito. Éste quedó inédito hasta su publicación en 1713 en Basilea.⁵

CONFERENCIA SOBRE SU LEGADO

El pasado octubre de 2013 se realizó una conferencia internacional en Basilea para celebrar el tricentenario de la publicación del libro. Se dictaron charlas sobre el *Arte de conjeturar* y la historia de la probabilidad, la biografía del autor, la composición de la obra, y el legado de ésta en ramas tan diversas como la estadística matemática, la epidemiología, la lógica de la inferencia estadística y las matemáticas financieras. Fritz Nagel, editor de la correspondencia de Jacob para

la Edición Bernoulli, guió a los conferencistas en un paseo por los lugares históricos de Basilea relacionados con la vida de Bernoulli.

Se puede destacar la sede de la antigua universidad en una calle medieval, situada sobre una colina que mira al río Rin desde su margen suroeste. Fue posible imaginar a Jacob Bernoulli estudiando y años después dictando sus lecciones, quizás distraídose de vez en cuando para observar el fluir de las aguas verdes del Rin hacia la Selva Negra en Alemania.

En los claustros de la catedral se encuentra su lápida. En ella se lee que Jacob Bernoulli, “matemático incomparable” y “amado por su gente”, espera allí “la resurrección de los piadosos”. Alrededor de una imagen de una curva espiral, se lee en latín: *Mutata Resurgo Eadem* (Cambiada, resurjo igual). Esta máxima se refiere a una propiedad, descubierta por Bernoulli, de la espiral logarítmica, a saber, que la curva se reproduce a través de varias transformaciones matemáticas. Matemático para la posteridad, Jacob Bernoulli nos legó su arte para ser prudentes.

N O T A S

¹ Véase el original en Bernoulli, Jacob. *Ars Conjectandi, opus posthumum. Accedit Tractatus de seriebus infinitis, et epistola Gallicae scripta de ludo pilu reticularis*. Brussels: Culture et Civilisation (1968). Para una excelente traducción al inglés véase Bernoulli, Jacob. *The Art of Conjecturing. Together with Letter to a Friend on Sets in Court Tennis*. Trad. Edith Sylla. Baltimore: The Johns Hopkins University Press (2006).

² Véase al respecto la tesis de Edith Sylla en la introducción de Bernoulli, *The Art of Conjecturing*, 19 pp., 96-97.

³ Latín original en Bernoulli, *Ars Conjectandi*, 213 pp.

⁴ Véase la introducción de Edith Sylla a Bernoulli, *The Art of Conjecturing*, 19 pp., 96-97.

⁵ Para éstos y otros aspectos de la biografía de Bernoulli, véase la introducción de Edith Sylla a Bernoulli, Jacob, *The Art of Conjecturing*, 19 pp., 96-97.

Daniel G. Campos
Profesor Asociado
Departamento de Filosofía
Brooklyn College
Universidad de la Ciudad de Nueva York
dcampos@brooklyn.cuny.edu