

# La evolución del pensamiento físico-matemático y su eventual proyección a la reflexión de problemas del conocimiento (y tal vez médicos)

FERNANDO PELICHE

La mayoría de los cardiólogos están familiarizados con el “teorema” de Bayes. No tantos conocen la paradoja del gato de Schrödinger, pero ambos plantean discusiones metacientíficas de larga data, que han derramado ríos de tinta en el siglo XX y en la actualidad.

## I. Bayes versus bayesianismo

La regla de Bayes (que no es un verdadero teorema, dado que no se deduce o es compatible con los axiomas de una teoría definida, como el caso, por ejemplo, del teorema de Pitágoras con respecto a los postulados de Euclides), supone que si  $A_1, A_2, \dots$  son sucesos mutuamente excluyentes, cuya unión es el espacio muestral  $S$ , entonces predice que uno de los sucesos debe ocurrir, y cuál es la probabilidad condicional de que el suceso  $A_x$  ocurra.

Los métodos bayesianos son una interpretación diferente del concepto de probabilidad; constituyen una alternativa a la estadística tradicional centrada en el contraste de hipótesis, denominada por contradicción estadística frecuentista, y están siendo motivo de debate.

En esencia se diferencian en que incorporan información externa al estudio para con ella y los datos observados estimar una distribución de probabilidad para la magnitud-efecto que se está investigando.

El entusiasmo excesivo por este enfoque (bayesianismo) ha sido criticado por varios autores como Mario Bunge (1) al observar que si se asignan propiedades de un modo arbitrario, se pueden hacer pasar conjeturas o creencias por hipótesis científicas.

Esta perspectiva, común en ciencias sociales, contrasta con lo que se supone que se hace en ciencias duras, donde las probabilidades se miden y los métodos probabilísticos se comprueban experimentalmente.

Esta crítica se dirige no tanto a la regla de Bayes (que en sí todos aceptan) sino a su utilización subjetivista, o a su uso para la conversión subrepticia de la aleatoriedad objetiva en subjetivismo. Si se asignan arbitrariamente valores matemáticos a datos de precisión dudosa, como un interrogatorio clínico, se cae en el pecado que critica Bunge como “seudocuantificación”, o Feinstein como adivinación. (2)

El enfoque bayesiano se ha utilizado para analizar cosas tan distintas como el filtro de “spam” en el correo electrónico, el desove de mosquitos *Aedes albopictus* (3) o la interpretación de los milagros y la existencia de Dios en la obra de David Hume. (4)

Ferrater Mora (4b) explicita que la crítica al “bayesianismo” se produce cuando éste plantea hasta qué punto el grado de probabilidad de las consecuencias de una hipótesis afecta el grado de probabilidad de la hipótesis (previa). Pero como bien dice Bunge, (8) “la probabilidad de una hipótesis” es una expresión tan sin sentido como “la temperatura de una hipótesis”. Sólo pueden adjudicarse probabilidades a hechos aleatorios.

La probabilidad condicional, sin embargo, es un hecho del pensamiento diario.

Por ejemplo, si sabemos (dato previo) que una persona tiene la ciudadanía argentina, la probabilidad (dato posterior) de que hable español es sumamente alta. Viceversa, si sabemos que una persona habla español, la probabilidad de que sea ciudadana argentina es mucho menor. Cuando los médicos decimos que el valor predictivo de una prueba depende de la prevalencia de la enfermedad en estudio, estamos diciendo eso mismo sólo que en lenguaje un poco más sofisticado (pero de cualquier forma estamos utilizando muy sencilla y humildemente el “enfoque” bayesiano).

Como puede verse, el punto de controversia radica en la cuantificación de la probabilidad *a priori*, ya que puede implicar una pérdida de la objetividad, pero entonces la cuestión se transfiere al procedimiento de formalizar la distribución de posibilidad *a priori*, a no limitarse a un método para evaluarla y a lo que se denomina análisis de sensibilidad.

Pasaremos a otro clásico del tema indeterminismo/subjetividad para después intentar una simplificación sobre azar y determinismo.

## II. La ex paradoja del gato de Schrödinger

Erwin Schrödinger, uno de los creadores de la mecánica cuántica, planteó su paradoja en la que intentaba criticar la interpretación subjetivista/positivista de ésta. Como ya ha relatado Trainini en la RAC, (5) el experimento mental (*gedankenexperimente*), que era tan frecuente en aquellas discusiones de los años treinta, consiste en que el gato está encerrado en una caja. Su vida o muerte depende del decaimiento radiactivo de un átomo. Hasta tanto se observe dentro de la caja y “colapse la función de onda”, el átomo se describe (o realmente está), según la mecánica cuántica, (11) en estado superpuesto intacto/desintegrado. El gato, entonces, está en estado vivo/muerto hasta destapar—cuando fuese— el aparato.

La "paradoja" es, como quería mostrar Schrödinger, que los gatos no pueden estar vivos/muertos.

Hoy se comprende que la paradoja muestra en realidad la transición entre la mecánica cuántica (basada en el principio de superposición) y la clásica, donde los estados no se conciben como superpuestos y los gatos están vivos o muertos.

El proceso-mecanismo de pasaje de la superposición cuántica, contraintuitiva, a la escala macroscópica de todos los días, sucede por lo que ahora se denomina pérdida de la coherencia (5b) (en inglés, *decohere*). El término está tomado de la coherencia entre dos ondas que se superponen o no, como en el agua de un lago.

En cierto nivel de tamaño y relación con el entorno, la superposición cuántica pierde la coherencia en un tiempo menor cuanto más macroscópico es el sistema y entonces vemos ... el mundo de todos los días.

Se han realizado varios experimentos, esta vez no mentales (consultad a la Naturaleza, decía Galileo!!) utilizando sistemas *schrodinger cat-like*, por ejemplo átomos de berilio atrapados en una jaula electromagnética (*schrodinger cation*), y más recientemente, instrumentos superconductores de interferencia cuántica (SQUIDS, *superconducting quantum interference devices*), que gracias a la nanotecnología proveen sistemas con un comportamiento tal que pueden estudiarse para establecer el límite mesoscópico del comportamiento superpuesto, cuántico, del comportamiento clásico, compatible y creador de nuestras intuiciones.

Hasta ese nivel de tamaño y de aislamiento del entorno existen estados superpuestos, como corrientes electrónicas que corren en sentidos inversos simultáneos.

Ahora se comprende que el gato, vivo o muerto, interacciona con el ambiente (respira, vivo, o se enfría, muerto), y el fenómeno de decoherencia le impide estar vivo/muerto. Como dice M. Gell-Mann, (6) ningún objeto clásico real puede mostrar tal comportamiento, porque su interacción con el resto del universo conduce a la decoherencia de las posibles alternativas, a senderos que se bifurcan, como en el cuento de Borges (la cita es de Gell-Mann).

Al fin, todo esto conduce a que la interpretación de Copenhague (subjetivista-positivista) no es la correcta (hay versiones no indeterministas del formalismo matemático de la mecánica cuántica) (7) y que la visión contemporánea (Gell-Mann, ob. cit.) es muy distinta. La tendencia actual es, entonces, tratar de establecer la frontera entre el comportamiento cuántico y el clásico, y dejar de lado las supuestas conclusiones subjetivistas/positivistas de la mecánica cuántica.

### III. Aleatoriedad, azar, determinismo, subjetivismo, etc.

Es difícil dar una definición de azar que satisfaga a todos, ni siquiera a los científicos. Recuérdese a Einstein ("El Señor es sutil pero no malicioso. Él no juega a los dados").

Se pueden mencionar varias interpretaciones del azar. (9)

a) La noción de azar como ignorancia se basa en el principio de indiferencia: en ausencia de información, se da la misma probabilidad a todas las alternativas. El llamar a esto subjetivo es discutible, porque deliberadamente obviamos detalles. En una carrera entre 10 caballos, cada uno tiene 1/10 de posibilidades de ganar. Cierto, pero, a propósito, no mencionamos, por ejemplo, antecedentes de las *performances* anteriores de caballos y de los *jockeys*, etc. Para decirlo en el lenguaje de Lakatos en vez del del turf, nos imponemos una cláusula *ceteris paribus* (o sea, "a todo lo demás igual"), que no debe hacernos olvidar, como decía Poincare, que cuando estimamos posibilidades, siempre es necesario saber ... al menos algo.

b) Un sistema matemático puede ser perfectamente determinístico, pero si la cantidad de variables que incluye y de ecuaciones que definen el comportamiento es muy grande, no podrán preverse las consecuencias de los cambios que se produzcan en esas variables, simplemente por la dificultad técnica en calcularlas.

Computadora mediante, una serie de números se define como aleatoria si el algoritmo más corto capaz de especificar la serie tiene más o menos el mismo número de bits de información que la propia serie (Kolmogorov-Chaitin). (10) Pero la serie es determinísticamente aleatoria. Esta definición reduce el azar a complejidad (y sería mejor denominar a los números pseudoaleatorios).

c) En los sistemas llamados caóticos, una pequeña variación de las variables iniciales produce luego de un tiempo resultados muy distintos, e impredecibles, aunque en teoría el sistema (y el caos) es determinista. Aquí utilizamos aleatorio = azaroso = impredecible (azar como inestabilidad).

d) Aleatoriedad primaria, esencial (azar intrínseco).

Los saltos cuánticos son aleatorios en ese sentido. La existencia intrínseca del azar se concibe como propiedad constitutiva de la naturaleza a nivel microscópico, y el pasaje al mundo diario a través del fenómeno de pérdida de la coherencia, como vimos antes.

Entonces tendríamos:

1. Una probabilidad ontológica, referente a hechos, estados o eventos, como en la mecánica cuántica, que con Bunge (8) denominaríamos probabilidad (a) (*likelihood*).

2. Una probabilidad matemática/ontológica, probabilidad (b) o *probability*.

3. Una probabilidad gnoseológica (Bunge prefiere "plausibilidad") referente a ideas o hipótesis, como en el caso mencionado como bayesianismo.

En conclusión, ¿cómo nos afecta esto?

Por suerte nuestros enfermos necesitan sólo (y nosotros no podemos ofrecer más que) racionalidad epistémica y no computabilidad algorítmica. Si no fuese así, un ordenador sería mejor que nosotros.

De cualquier forma, los cardiólogos, que casi presumimos de pioneros de la medicina basada en la evidencia, debemos estar al tanto de las cuestiones referentes al conocimiento de la realidad.

#### BIBLIOGRAFÍA

1. Bunge M. La relación entre la sociología y la filosofía. Madrid: EDAF; 2000.
2. Doval HC, Tajer CD. Evidencias en cardiología. Buenos Aires: GEDIC; 2003.
3. Barker CM, Brewster CC, Paulson SL. Spatiotemporal oviposition and habitat preferences of *Ochlerotatus triseriatus* and *Aedes albopictus* in an emerging focus of La Crosse virus. *J Am Mosq Control Assoc* 2003;19:382-91.
4. Holder RD. Hume on miracles: Bayesian interpretation, multiple testimony, and the existence of God. *Brit J Phil Sci* 1998;49:49-65.
- 4b. Ferrater Mora J. Diccionario de filosofía.
5. Trainini JC. El teorema de Bayes junto al gato de Schrödinger. *Rev Argent Cardiol* 2004;72:60-1.
- 5b. Dalvit DA, Lombardo FC. Transición cuántico-clásica: de la teoría al experimento. *Ciencia Hoy* 2001;11:16-21.
6. Gell-Mann M. El quark y el jaguar. Barcelona: Tusquets; 1995.
7. Jabs A. An interpretation of the formalism of quantum mechanics in terms of epistemological realism. *Brit J Phil Sci* 1992;43:405-21.
8. Bunge M. Crisis y reconstrucción de la filosofía. Barcelona: GEDISA; 2001.
9. Jacovkis PM. Computación, azar y determinismo. *Ciencia Hoy* 1995;28:44-50.
10. Wagensberg J (editor). Proceso al azar. 2ª ed. Barcelona: Tusquets; 1992.
11. De La Torre AC. Física cuántica para filósofos. Breviarios de Ciencia Contemporánea. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica y Ciencia Hoy; 1992.