

Revista

de

Ciencias Económicas

Publicación mensual del "Centro estudiantes de ciencias económicas".

Director:

Rómulo Bogliolo

Administrador:

Roberto E. Garzoni

Sub-administrador:

Rafael Sánchez

Redactores:

**Italo Luis Grassi - Mauricio E. Greffier - James Waisman
Juan R. Schillizzi - Juan F. Etcheverry - José E. Griffi**

Año VII

Septiembre de 1918

Núm. 63

DIRECCIÓN Y ADMINISTRACIÓN

CHARCAS 1835

BUENOS AIRES

El cálculo de probabilidades y las ciencias de observación

Uno de los problemas fundamentales en la investigación inductiva, pertenece al cálculo de las probabilidades. Una serie de observaciones o de experiencias me han proporcionado datos cuantitativos concernientes a un cierto fenómeno. Procuro formular una ley y para verificar la exactitud con que es satisfecha, calculo la diferencia entre los datos empíricos y los valores deducidos de la hipótesis teórica. ¿Esas diferencias son obras del azar o bien revelan la existencia de una causa sistemática de error, que me obliga a corregir o cambiar la presente ley? Tal es la pregunta que lleva en sí misma toda investigación experimental.

Puede considerarse al azar, como un efecto resultante de un gran número de causas independientes que varían según leyes ignoradas o mal conocidas. No se puede predecir cómo se comportará el azar en un caso determinado; pero repitiendo la operación cien veces se puede prever como se han de repartir los cien errores. El azar, interrogado, por decir así, en un sin número de veces, suministra resultados que frecuentemente ofrecen en su conjunto regularidades sorprendentes. Bajo hipótesis simplificadas, pero muy amplias, el azar, es decir, el efecto resultante de un gran número de pequeñas causas independientes, obedece aproximadamente a la ley exponencial de los errores (teorema de Laplace); esta ley permite pues, prever la manera como se distribuyen los valores dados por el azar en un gran número de experiencias.

El teorema de Laplace tiene un inmenso alcance; él proporciona un criterio que permite juzgar si se puede atribuir al azar las diferencias constatadas en una investigación determinada entre los datos empíricos y las previsiones teóricas.

Por otra parte puede ser que no se logre establecer un por qué de las causas, o que las causas principales se presenten tan numerosas que uno se halle imposibilitado para examinarlas separadamente. El fenómeno es entonces debido al azar; se puede construir una teoría matemática; es ahí precisamente donde el cálculo de probabilidades desempeña un rol preponderante.

Si se mezclan en un vaso, dos polvos de distinto color, cada grano seguirá un camino perfectamente determinado, por su posición inicial, por las impulsiones que se le imprima con las manos, por los rozamientos recibidos. La multiplicidad de causas es tal sin embargo que nunca dará uno con la trayectoria que describiere. Dada la hipótesis, que los movimientos de los corpúsculos se producen al azar, el cálculo de probabilidades, podrá examinar las proporciones variables con el tiempo en que los polvos se hayan mezclado en las distintas regiones del vaso y logrará prever que en la gran mayoría de las experiencias la mezcla tiende a hacerse homogénea. *Homogeneidad aproximativa* o *estadística*; las diferencias del término medio subsistirán en las distintas partes del vaso; pero dicha diferencia será bastante chica para ser notada por los medios comunes de investigación. Las diferencias de homogeneidad no serán sensibles sino en caso de subdividirse el contenido del vaso en gran número de cubos bastante reducidos para que cada uno contenga un limitado número de granos y que puedan ser contados.

Uno de los mayores servicios que el cálculo de probabilidades ha prestado a la filosofía natural, consiste precisamente en la explicación de la tendencia a la homogeneidad estadística que se manifiesta en los numerosos fenómenos físicos: (mezcla de cuerpos pulverizados, difusión de líquidos y gases, estudio de los movimientos moleculares de un gas y de las manifestaciones térmicas que de ellos resultan), fenómeno que la mecánica pura ha sido impotente para explicar sin intervención de conceptos extraños a la misma.

Un ejemplo llamativo de dichas leyes estadísticas lo da el segundo principio de la termodinámica que expresa en forma científica el paso espontáneo del calor de un cuerpo cálido sobre un cuerpo frío y la imposibilidad del tránsito inverso, sin desgaste de energías o sin intervención de fenómenos compensadores. Para los fundadores de la termodinámica el segundo principio era ley inviolable de la naturaleza. Las más modernas investigaciones debidas especialmente a Boltzmann, le han

quitado su carácter dogmático, y han llevado a considerarlo como la previsión de un hecho sumamente probable; pero no cierto; se sabe en particular que el movimiento *brownien* proporciona un ejemplo en que falla el principio.

Gracias al cálculo de probabilidades, el concepto clásico de las leyes naturales ha experimentado una profunda transformación. Los filósofos griegos buscaban en la simplicidad estética un indicio de verdad y creían que un ojo más avisor que el nuestro descubriría la armonía, en donde nuestra ignorancia no distingue sino tinieblas y brumas. Hoy con el progreso de los medios de investigación hemos tratado de penetrar más el misterio de las cosas y nos hemos dado cuenta que el orden no es más que aparente y esconde un caos regido por el azar. No es pues lo imperfecto de nuestros sentidos la causa que nos impide gozar plenamente la armonía invocada por nuestro espíritu; al contrario, a tal deficiencia es debido el que hayamos visto orden, donde suele reinar el desorden, del mismo modo que una muchedumbre desordenadamente agitada puede ofrecer a un observador lejano la ilusión de una maniobra ejecutada por un ejército disciplinado.

Las aplicaciones precedentes del cálculo de probabilidades son relativamente recientes. Mucho más antiguos son los intentos de aplicar las probabilidades a la estadística demográfica y biológica. Las constancias de ciertas relaciones estadísticas había ya llamado la atención y despertado el asombro de los sabios del siglo XVII.

Si en ciertas épocas y en lugares distintos no muy distanciados determinamos uno de esos resultados considerados por la Demografía (natalidad, mortalidad, masculinidad), encontramos números que no difieren notablemente. Las divergencias son menos cuando se aumenta el número de individuos que constituyen la población observada.

La analogía entre la observación precedente y el fenómeno que ofrece el sorteo de la bolilla de una urna de composición constante no ha pasado inadvertida para Jacques Bernoulli, fundador del cálculo de las probabilidades. Existen sin embargo fenómenos para los cuales la semejanza con el esquema de los sorteos de una urna no es más que aparente. Se ha tratado de representar este fenómeno con la ayuda de esquemas complicados con las extracciones de dos o más urnas. Ha resultado una serie de problemas que la estadística ha entregado al cálculo de las probabilidades quien a su vez ha solicitado a la estadística verifique la solución. Los esquemas de sorteos

desempeñan un papel que se puede así comparar a los que desempeñan los modelos mecánicos en el estudio de procesos físicos complicados. La naturaleza diversa de los esquemas invocados en el examen de diversos fenómenos indica la manera de clasificarlos.

Se han propuesto también, otros criterios de clasificación más objetivos, partiendo del diagrama representativo de una serie de datos estadísticos. Se ha tratado de descomponer ese diagrama (*curva de frecuencia*) en diagramas típicos entre los cuales la curva conocida de los errores de Gauss juega un rol preponderante. La investigación está inspirada por el deseo de imitar en la medida de lo posible el método empleado por Fourier para descomponer una curva periódica cualquiera, en sinuosidades elementales a la interpretación física de ésta. Por ejemplo, sonidos armoniosos simples, constituyen un sonido musical determinado, corresponde la interpretación biológica de la curva de Gauss en la que se descompone la curva con frecuencia relativa a los valores de un carácter obtenido sobre numerosos individuos de una colectividad. Esta descomposición corresponderá según la escuela biométrica a una repartición de la colectividad en simples razas. Por desgracia el problema matemático, no está bien determinado y la interpretación (que exigiría en todos los casos ser confirmada para diversos caracteres) no ha sido aceptada por todos los biólogos.

Bajo su aspecto moderno, el cálculo de probabilidades aparece, pues, como la *teoría de las variables dependientes del azar*. Pero si se quiere poner en relieve sus aplicaciones, se le puede definir como *la introducción teórica al estudio de los fenómenos colectivos*. Desde que esos fenómenos conciernen a las sociedades compuestas de seres vivos, como la colección de las moléculas de un cuerpo, los granos de arena del mar, como las estrellas del cielo, se comprende que el inmenso campo de las investigaciones queda abierto al cálculo de las probabilidades.

M. G. CASTELNUOVO.

(Traducido de la revista *Scientifique*, Paris, Junio 1918, por J. E. G.).