

Razonando con números.

Acerca de los métodos de la Estadística

Ricardo Quintero Zazueta¹ ❖ Juan José Rivaud Morayta²

La palabra estadística se deriva del latín *status*, que puede traducirse como situación o condición, y a la misma se asocian varios significados. Con frecuencia nos referimos a números específicos como estadísticas, por ejemplo, cuando decimos que la producción de arroz en China en 1999 fue de 200.5 millones de toneladas, que hubo 30 535 muertes por suicidio en Estados Unidos de América en 1997, que hay aproximadamente 5 000 000 de eritrocitos en un milímetro cúbico de sangre de un varón adulto sano, o que la tasa de natalidad en Suecia en 1999 fue de -0.1%. Podemos decir, con un poco más de precisión, que una estadística es un dato expresado en forma cuantitativa, y dicho dato puede ser resultado de una medición, un recuento e inclusive de un cálculo, como cuando resumimos toda una familia de mediciones o recuentos en forma de un total, un promedio o un porcentaje. Además de denominar estadística a un hecho expresado en forma cuantitativa, hablamos de la estadística para referirnos a una disciplina. En este segundo sentido, la palabra estadística se asocia no tanto a números específicos que se obtienen como resultado de mediciones o recuentos, sino a una familia de métodos, técnicas y prácticas discursivas, relacionadas con la obtención, presentación y organización de datos numéricos, así como con su análisis.

1 Departamento de Matemática Educativa, Cinvestav.

2 Sección de Metodología y Teoría de la Ciencia, Cinvestav.

De la palabra latina *status* proviene también el término estado, y la afinidad etimológica entre estadística y estado refleja el hecho de que la estadística se originó a partir del estudio de los datos numéricos sobre la situación del estado. No obstante que desde tiempos inmemoriales los estados organizados han generado y recopilado una gran cantidad de datos al levantar censos de población, elaborar registros tributarios o movilizar recursos humanos y materiales para una campaña bélica, es hasta los siglos XVII y XVIII que emergen formas de pensar sistemáticas capaces de extraer información relevante de esas masas de datos numéricos aparentemente desorganizadas.

En 1662, John Graunt (1620-1674) publicó en Londres sus *Observaciones naturales y políticas mencionadas en un índice siguiente realizado a partir de los registros de mortalidad*. Graunt utiliza como fuente de datos los recuentos semanales de bautismos y entierros recopilados en las parroquias de Londres durante alrededor de 80 años. Dichos registros, existentes desde tiempo atrás, se recopilaban en forma bastante sistemática a partir de 1603, pues cumplían, entre otros propósitos, el de evaluar la situación de la gran epidemia de peste que se inició durante ese año.

Graunt señala en su tratado que el propósito de la verdadera política es el de preservar a los hombres en un estado de paz y prosperidad, y es necesario entonces un conocimiento detallado de las diferencias, intrínsecas y accidentales, tanto de la tierra como de las manos que la laboran dentro del territorio gobernado. El tratado de Graunt intenta colaborar en la obtención de dicho conocimiento, y elogia como hecho maravilloso, el que parte del mismo puede derivarse a partir de "pobres y despreciadas actas de defunción" de cuyo análisis pueden deducirse tantos "hechos inesperados y abstrusas inferencias". Uno de tales hechos inesperados puede verse en la estimación de la población de Londres que Graunt elabora partiendo del dato conocido del número de nacimientos, el cual junto con una estimación del número

de familias de donde provienen estos nacimientos y del tamaño promedio de cada familia, permitía darse una idea del número total de habitantes. Graunt ajustó las cifras obtenidas tomando en consideración tanto la mortalidad como la emigración provocada por las epidemias, e intentó validar su estimación por muestreo directo en varias parroquias, así como por cálculo a partir de densidades estimadas de población, aunadas al recuento de construcciones, en distintas áreas habitadas de la ciudad. La cifra obtenida por Graunt, menor de medio millón, es sorprendentemente baja en comparación con las cifras que proporcionan algunos cronistas de la época, los cuales dan números de hasta dos millones, pero a diferencia de Graunt, no basan sus estimaciones en recuentos o cálculos, sino en apreciaciones arbitrarias del tamaño y el tráfago de la gran metrópolis.

Tan interesantes como las conclusiones a las que llega a Graunt, son las formas de razonar que utiliza basándose en los hechos mostrados por los números. Por ejemplo, al darse cuenta de que la cantidad de hombres en Londres es apenas superior a la cantidad de mujeres, Graunt argumenta que la moral cristiana, al prohibir la poligamia, actúa más de acuerdo con la naturaleza que las morales de otras religiones al permitir la poligamia, pues si la poligamia fuese natural, la proporción de mujeres en la población debería ser mucho mayor. Tras la aparente inocencia de dicho argumento subyace un método poderoso. El simple procedimiento de hacer un recuento y observar la proporción relativa de hombres y mujeres abre, al menos, la posibilidad de apelar a un criterio externo al dogma religioso, para argumentar la bondad de una práctica en términos de cómo encaja con los hechos.

Esta manera de razonar con números la aplica Graunt para arrojar luz sobre discusiones importantes en su tiempo. Así, por ejemplo, había controversia entre explicaciones sobre el origen y la propagación de la peste en términos de contagio o infección y en términos de los miasmas. En la primera explicación, se atribuía la propagación de la

peste a la alteración de los humores corporales del sujeto sano mediante los efluvios producidos durante el contacto directo con el cuerpo de un apestado. En la segunda explicación, se atribuía la peste a ciertos vapores y humos, los miasmas, que corrompían el aire, y a los cuales estaban asociados signos como la presencia de ratas y otras alimañas, e inclusive los cometas. Antes del siglo XVIII, cuando se calcularon exitosamente órbitas de cometas y quedó fuera de duda que se trataba de objetos muy distantes, se consideraba a los cometas como precursores de la peste y otras calamidades, pues se pensaba en ellos como fenómenos en la esfera sublunar capaces de corromper la atmósfera, o inclusive se consideraba a los cometas compuestos por concentraciones de miasmas. Cabe señalar que las discusiones sobre cuestiones médicas de la época, frecuentemente se relacionaban con interminables diferencias de interpretación sobre las signaturas, especie de analogías que relacionaban los hechos con causas similares. Así se pensaba que en los pulmones de zorro debería existir un principio para curar el asma, dada la potencia respiratoria del animal.

A través de los números, Graunt evita el discutir interpretaciones de las signaturas. Examinando la variación en la cantidad de defunciones por peste semana a semana en los registros correspondientes a cierto periodo de tiempo, Graunt llegó a la conclusión de que el carácter errático de los números obtenidos, sólo era comparable a la variabilidad del clima, inclinándose entonces en favor de la teoría de los miasmas sobre la teoría de la infección. De nuevo, se hace un recuento y se elige como más probable, la hipótesis que mejor encaja con los datos.

Graunt no habla explícitamente de probabilidad, y desconocía los análisis que Pascal y Huygens llevaban a cabo sobre los juegos de azar y la forma en que se aplicaban sus ideas para examinar otras situaciones de incertidumbre. Sin embargo, participa de un estilo de razonamiento que en distintos contextos y con diferentes motivaciones, emergió en

esa época y evolucionó hasta lo que hoy en día conocemos como probabilidad y estadística.

La idea de estilo del razonamiento la formula A.C. Crombie al examinar lo que él llama el surgimiento de una mentalidad investigadora en la sociedad europea. Crombie (1981) considera que en el desarrollo de dicha mentalidad investigadora, pueden identificarse claramente los siguientes modos de pensamiento:

1. La deducción a partir de postulados dados, como en la ciencias matemáticas.
2. La investigación experimental.
3. La construcción hipotética de modelos por analogía.
4. El ordenamiento de la variedad mediante la comparación y la taxonomía.
5. El análisis estadístico de las regularidades de las poblaciones.
6. La investigación histórica del desarrollo genético.

Una de las características más evidentes del estilo estadístico de razonamiento, es la de expresarse con números. Ya Galileo había señalado que el libro de la naturaleza está escrito con números, y mucho tiempo después Sir William Thompson, Lord Kelvin, reiteraría de una manera enfática:

Quando puedes medir aquello de lo que estás hablando, y expresarlo con números, entonces sabes algo acerca del tema; pero cuando no puedes medirlo, cuando no puedes expresarlo con números, tu conocimiento es de una especie magra e insatisfactoria.

Pero usar números para expresar el resultado de un recuento o una de la medición, presupone que los hemos despojado de otras significaciones además de las de cantidad y magnitud. Cuando San Agustín escribía que "no debemos despreciar la ciencia de los números pues es de gran utilidad para el intérprete cuidadoso", estaba pensando en cuestiones como que 10 por ser el número de los mandamientos simbolizaba la ley, y por lo tanto 11 al ser el número inmediatamente posterior, significaba la transgresión de la ley, es decir, el pecado. El 12 representaba el juicio, porque las dos partes del perfecto número 7, 4 y 3, al multiplicarse dan el 12. La numerología usaba formas de pensamiento analógico comparables a las de la doctrina de las firmas en medicina. Pero como señala Crosby (1998), a menudo lo que los antiguos pretendían no era comprender la realidad material, sino encontrar pistas de una realidad trascendente más allá de la cortina de la realidad. Su universo era dramático y teleológico. Dios y sus designios se cernían sobre todo, y la visión de las cosas estaba hecha más de cualidades que de cantidades.

En tiempos de Graunt, ganaba terreno una visión del mundo hecha más de cantidades que de cualidades, visión lo suficientemente amplia tanto para acomodar un universo mecánico, como la posibilidad del azar.

Otra de las características importantes del estilo estadístico de razonamiento es que procede de manera inductiva. A diferencia del pensamiento deductivo, en el cual las inferencias específicas se siguen inevitablemente a partir de ciertos primeros principios o hipótesis, el pensamiento inductivo parte de hechos concretos en la experiencia y no deriva de ellos conclusiones categóricas, sino juicios sobre la plausibilidad de ciertas conclusiones. Si bien la importancia para la ciencia del pensamiento inductivo había sido señalada por pensadores como Francis Bacon, es hasta los siglos XVII y XVIII con la emergencia de la teoría matemática de la probabilidad, que se tienen herramientas sistemáticas para el razonamiento inductivo, rechazado

hasta entonces dado su carácter incierto, incluso por filósofos tan importantes como Descartes.

La importancia del razonamiento inductivo radica en el hecho de que tanto en los fenómenos de la naturaleza, como en los asuntos de la sociedad es prácticamente imposible una observación exhaustiva de todos los casos posibles. Así, no se pueden efectuar mediciones en todos los puntos de la tierra para predecir el clima, ni se puede ensayar un nuevo medicamento en todos los enfermos para estudiar sus efectos, ni se puede medir cuánto tardan en quemarse todas las bombillas eléctricas que produce un fabricante. En la experimentación científica, como en otros asuntos de la vida del hombre, sólo es posible considerar un número limitado de mediciones de entre la totalidad de mediciones que potencialmente pueden realizarse. Se dice para describir esta situación, que trabajamos con muestras de una población que nos interesa. El problema general es entonces cuanta información acerca de la población de la cual procede, puede revelar la muestra, y este problema conduce a otras cuestiones:

1. ¿Cómo se pueden presentar y organizar los datos de la muestra para extraer de ellos información útil?
2. A partir del conocimiento de esta muestra, ¿cómo inferir conocimiento similar que se refiera a la totalidad de la población?
3. ¿Es posible determinar hasta qué punto son fiables estas conclusiones?
4. ¿Es posible desarrollar estrategias sistemáticas de muestreo, de tal forma que nos proporcionen, en algún sentido, las mejores estimaciones acerca de la población?
5. ¿Cómo se puede definir y medir la relación entre distintas variables?

La parte de la estadística que se conoce como estadística descriptiva proporciona técnicas que permiten en buena medida contestar a la primera pregunta, pues se ocupa de maneras eficaces de resumir, organizar y presentar los datos numéricos para extraer información. Si bien la estadística descriptiva es la parte más elemental y accesible de la disciplina, no por ello algunos de los problemas que plantea carecen de profundidad.

En primer lugar, el hecho de representar los datos en forma de números presupone recuentos o mediciones. Toda la ciencia, y en particular la estadística, está íntimamente relacionada con el problema de la medición. Para poder estudiar científicamente un fenómeno se suelen desarrollar esquemas específicos para asignar números o símbolos que correspondan a características de los fenómenos bajo estudio. Uno de los primeros puntos que debemos tener en cuenta para realizar dicha asignación, es la imposibilidad de medir algún atributo sin especificar con claridad cómo se caracteriza. El problema de la medición nos obliga a formular definiciones precisas.

Cuando medimos alguna característica de un grupo, al que llamaremos población, el cual puede estar formado por objetos físicos, personas u otras entidades, se origina lo que en estadística se denomina una variable. Hablamos de una escala de medición para referirnos al conjunto de todos los valores que puede tomar una variable, así como a la regla que utilizamos para asignar dichos valores. Existen diferentes tipos de escalas de medición, y cada tipo permite hacer clases diferentes de enunciados sobre el fenómeno bajo estudio. Las escalas más comúnmente usadas en estadística se clasifican en escalas nominales, escalas ordinales, escalas de intervalo y escalas de razón. Puede decirse que estas escalas representan diferentes grados de complejidad o refinamiento del esquema de asignación de valores definido por la escala.

La escala nominal es la más simple de todas, en ella se asignan números o símbolos con el propósito de designar subclases que representan características únicas de la población bajo estudio. Medir con escalas nominales es llevar a cabo clasificaciones sistemáticas, y cuando los números se usan en una escala nominal, no tienen otra función aparte de la de ser etiquetas para identificar las clases. En una escala ordinal, la asignación de números o símbolos, además de incorporar la cualidad clasificatoria de la escala nominal, permite identificar relaciones de orden en las propiedades medidas, es decir, permite que las clases puedan ser comparadas unas con otras en términos de alguna relación de menor o mayor. Si además de poder clasificar, como en una escala nominal, y de establecer relaciones de mayor o menor como en una escala ordinal, podemos asignar números que indiquen la distancia entre distintos valores de una variable, tenemos entonces una escala de intervalo. Este tipo de escala presupone la existencia de una unidad fija de medida, la cual tiene significado con respecto a las características que nos interesa medir. Finalmente, se tienen las escalas de razón. Estas son las escalas de intervalo, con un punto conocido fijo, llamado origen o cero, unívocamente determinado, donde es nula la medida de la característica especificada por la escala.

Además de la idea de medición, una idea fundamental para la estadística descriptiva, es la de distribución de frecuencias. La distribución de frecuencias de una variable es la lista de valores de la variable junto con el número de ocurrencias de cada valor. De acuerdo con la definición anterior, los ingredientes de una distribución de frecuencias son una escala de medida y una lista de observaciones distribuida según la frecuencia con que dichas observaciones son asignadas a diferentes categorías, puntos o intervalos en una escala.

El siguiente ejemplo corresponde a datos tomados por Adolph Quetelet (1796-1874), uno de los pioneros de la estadística, que realizó multitud de estudios antropométricos. Los datos muestran medidas de tórax de

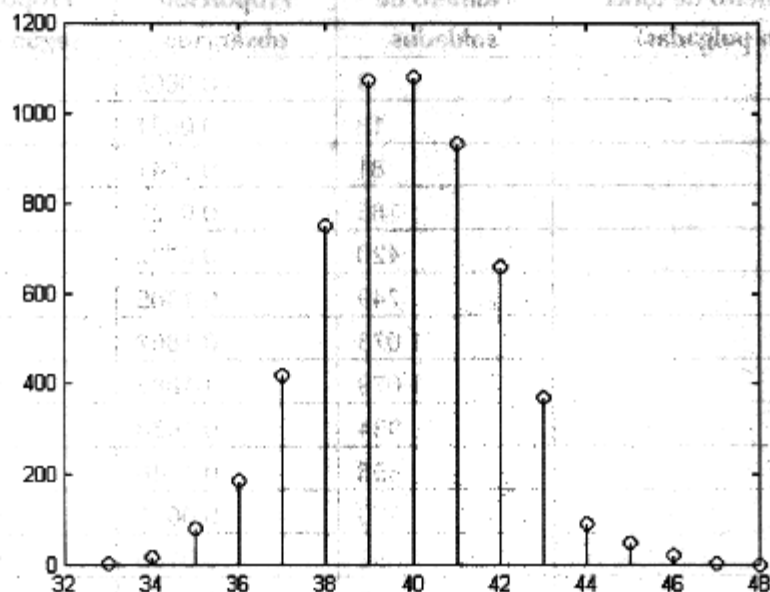
5 738 soldados escoceses. Lo primero que puede observarse tanto en la representación tabular como en la gráfica de la distribución de frecuencias, es que ésta no muestra las medidas de individuos particulares. El detalle ha sido sacrificado en aras de tener una representación compacta e inteligible de las medidas del grupo. Además de la representación compacta de la información, se observa que los valores más comunes de las medidas son de 39 y 40 pulgadas, y que cuando más se aleja los valores medidos de estos valores más comunes, las frecuencias se vuelven más pequeñas. Las desviaciones pequeñas ocurren más frecuentemente que desviaciones mayores. En la tabla, Quetelet incluye dos columnas adicionales, una en que escriben las frecuencias en forma de proporciones, y otra cuyo encabezado dice proporciones de acuerdo con la teoría. La columna de proporciones observadas, puede considerarse una estimación experimental de la probabilidad de que un sujeto de la totalidad de la población, tengan las correspondientes medidas de tórax. En columna final, Quetelet calcula las mismas proporciones de acuerdo con teoría matemática que comentaremos más adelante, y que él aplicó al estudio de la variabilidad en antropometría.

TABLA 1. MEDIDAS DE TÓRAX DE 5 738 SOLDADOS ESCOCESSES

Perímetro de tórax (en pulgadas)	Número de soldados	Proporción observada	Proporción según teoría
33	3	0.0005	0.0007
34	18	0.0031	0.0029
35	81	0.0141	0.0110
36	185	0.0322	0.0323
37	420	0.0732	0.0732
38	749	0.1305	0.1333
39	1 073	0.1867	0.1838
40	1 079	0.1882	0.1987
41	934	0.1628	0.1675
42	658	0.1148	0.1096
43	370	0.0645	0.0560
44	92	0.0160	0.0221
45	50	0.0087	0.0069
46	21	0.0038	0.0016
47	4	0.0007	0.0003
48	1	0.0002	0.0001
Total	5 738	1.0000	1.0000

Quetelet, en una serie de trabajos desarrollados alrededor de 1830, introdujo el concepto de "hombre tipo", y avanza la idea de que así como antes se caracterizaba a un pueblo en términos de su cultura, lengua, geografía, costumbres y religión; ahora podría caracterizarse por medio de promedios de medidas de cualidades físicas y morales, sintetizadas en esta abstracción de "hombre tipo" de una raza o pueblo. Si bien la idea de Quetelet tiene consecuencias inquietantes desde el punto de vista de la información que se puede recopilar sobre las poblaciones, así como de las medidas sociales que podrían tomarse para rectificar las desviaciones del ideal de hombre tipo más allá de un cierto rango, desde el punto de vista del razonamiento cuantitativo, lo

FIGURA 1. GRÁFICA CORRESPONDIENTE A LAS DOS PRIMERAS COLUMNAS DE LA TABLA 1



que se está aplicando es la idea simple de utilizar unos pocos números para caracterizar aspectos notables de la forma de una distribución de frecuencias.

Posiblemente, los números más utilizados en este sentido son la media aritmética y la variancia, los cuales son ejemplos, respectivamente, de medidas de tendencia central y desviación. La media de un grupo de mediciones es simplemente su suma dividida entre el número de ellas, esto es, el promedio de las mediciones de la población.

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

La variancia es el promedio del cuadrado de la diferencia entre las mediciones de la población y la media de la población.

$$S^2 = \frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n}$$

La razón para denotar a la variancia con S^2 es que con frecuencia se prefiere utilizar a su raíz cuadrada la cual se llama desviación estándar. La variancia y la desviación estándar son medidas muy convenientes del grado de dispersión de una familia de datos, siendo relativamente pequeñas cuando la distribución se agrupa considerablemente alrededor de la media, y relativamente grandes cuando la distribución está muy dispersa.

El pensamiento de Quetelet no se limita a usar unos cuantos recursos para sintetizar datos numéricos, sino tiene que ver con la concepción de que las regularidades estadísticas pueden utilizarse para comprender la dinámica de la sociedad. Al examinar las estadísticas judiciales francesas a lo largo de cierto periodo de tiempo, Quetelet observó que tanto la proporción de criminales en la población de París, como las proporciones relativas de distintos tipos de crímenes se mantenían prácticamente sin cambio, y vio en este fenómeno una especie de programa ciegamente realizado por la dinámica social de la nación francesa, pero que poseía mayor regularidad que programas llevados a cabo deliberadamente por sus administradores, como su presupuesto de finanzas. En su búsqueda de las leyes que gobiernan a la sociedad, Quetelet se dio cuenta que no podía usar herramientas matemáticas como las ecuaciones diferenciales, las cuales permitían describir el movimiento de los astros y otros fenómenos explicados en términos de la mecánica Newtoniana, y miró entonces a las ideas de la teoría matemática de las probabilidades.

Por lo general se trazan los comienzos de la probabilidad a la correspondencia entre Pascal y Fermat sobre un problema planteado por el Caballero de Meré en relación con los juegos de azar. Las discusiones entre Pascal y Fermat llamaron la atención de Huygens, quien publicó en 1657 un tratado de teoría matemática de las probabilidades basado en lo que hoy día conocemos con el nombre de esperanza matemática. Jakob Bernoulli (1654-1705) escribió alrededor de 1692 el *Arte*

de la *Conjetura*, un tratado que fue publicado póstumamente en 1713. Puede decirse que para el siglo XVIII, el estudio de las probabilidades ya se había establecido como disciplina matemática. Pierre Simón, Marqués de Laplace (1749-1827), publica en 1795 su *Ensayo filosófico sobre las probabilidades*, en el cual discute las implicaciones de una visión indeterminista del mundo. El contenido de este ensayo lo incorporó Laplace posteriormente a la introducción de su *Teoría analítica de las probabilidades*, donde se desarrollan herramientas de gran importancia para la estadística.

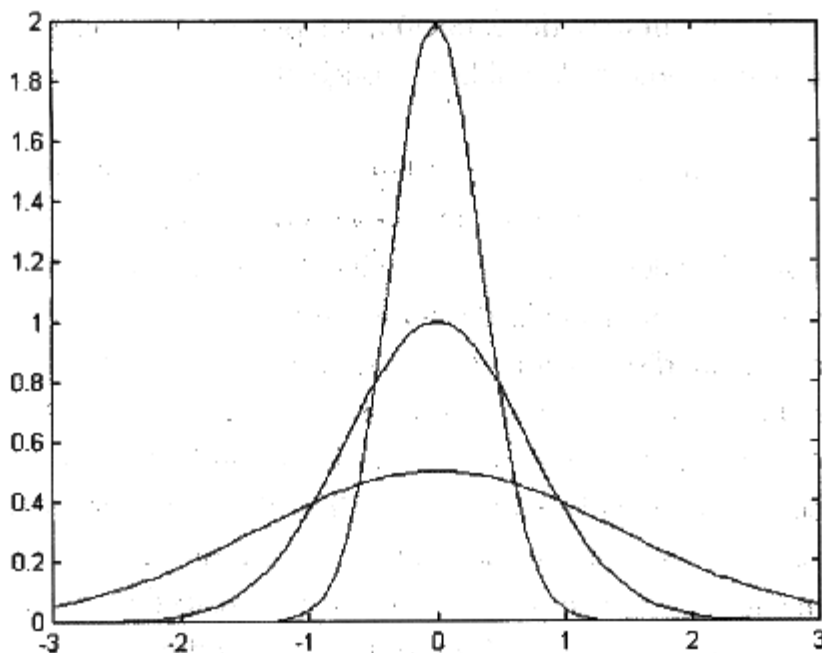
Carl Friedrich Gauss (1777-1855) aplicó por primera vez la teoría de las probabilidades a la investigación de los errores de las observaciones experimentales. Gauss había advertido en repetidas mediciones geodésicas y astronómicas, por ejemplo, de una distancia, que las mediciones individuales diferían, pues multitud de causas fortuitas producían errores. Su interés era no sólo derivar a partir de una multitud de observaciones una estimación fiable del verdadero valor de la cantidad medida, sino entender los esquemas de fluctuación de los errores de medición. Quetelet se interesó por las ideas de Gauss, y advirtió que las medidas de muchos rasgos humanos tienen una distribución igual a las curvas en forma de campana usadas por Gauss para caracterizar las fluctuaciones de los errores de medición.

Francis Galton (1822-1911), quien hizo contribuciones a la biología, a la psicología de las diferencias individuales y a la identificación mediante huellas dactilares, profundizó el programa antropométrico de Quetelet, y desarrolló nuevas herramientas como la idea de curva de regresión y de coeficiente de correlación, Galton fue profundamente influenciado por las ideas de Darwing, de quien era primo. Tras la lectura de *El Origen de las Especies*, publicado en 1859, encaminó sus esfuerzos al estudio de los mecanismos de la herencia, y en 1869 publicó un tratado intitulado *Cenio Hereditario*. Una de las cuestiones que intrigaba a Galton, era cierta estabilidad de las características

heredadas de una población a lo largo de muchas generaciones. Parece natural pensar que las características físicas o psicológicas excepcionales son hereditarias.

Siguiendo los pasos de Galton, Karl Pearson (1857-1936) perfeccionó la teoría de correlación y regresión, y estableció las bases de la estadística biológica como la conocemos hoy en día. Clarificó el concepto de población como colectivo de individuos observables, y de muestra como conjunto de individuos extraídos de la población y como entidad capaz de proporcionar información sobre las características de la población completa.

FIGURA 2. LA FORMA DE CAMPANA DE LAS DISTRIBUCIONES GASSUASIANAS



Si bien no es posible en un artículo como el presente, proporcionar detalles de la teoría matemática subyacente en los métodos de la estadística de inferencias, al menos podremos dar una idea de algunas de sus heurísticas fundamentales. Se trata de obtener información de la población a partir de muestras, pero es claro que del conocimiento de una muestra, no podemos inferir con certeza las características de la población de la cual procede. Por ejemplo, si se tiene una urna llena de bolas blancas y negras con una proporción del 70% de bolas blancas y 30% de bolas negras, no esperaríamos tener exactamente la misma proporción de bolas blancas y negras en cada muestra que extrajéramos de la urna. Por otra parte, si extraemos de la urna una cierta cantidad de bolas al azar para formar una muestra, no esperaríamos tampoco que la proporción de bolas blancas y negras difiriera mucho de 70% y 30%. Aparentemente, no es posible avanzar más allá de este punto, pero para poblaciones con ciertas características, es decir, con ciertas distribuciones teóricas, y usando métodos apropiados de muestreo, pueden conocerse esquemas de variación de propiedades de las muestras. Comparando propiedades de las muestras realmente tomadas con los esquemas de variación, se pueden entonces obtener conclusiones acerca de la población original.

Por ejemplo, supongamos que se tiene una población normalmente distribuida, y se toman muestras aleatorias de tamaño n de dicha población. Calculemos ahora la media para cada muestra posible. Podemos pensar en la familia de las medias como una nueva población y examinar su distribución. Gauss demostró en 1809 que dicha distribución también es normal, con la misma media que la media de la población original, y con una desviación estándar igual a la desviación estándar de la población original dividida entre la raíz cuadrada del tamaño de las muestras; de manera que en este caso se conoce el esquema de variación de las muestras y el mismo está dado en términos del tamaño de la muestra, así como del valor medio y la variancia de la población original. Para dar una idea de las formas en que se aplica

este esquema supongamos que se sabe que ateniéndose a ciertas normas de fabricación, la vida media de cierto tipo de bombilla eléctrica es de 10 mil horas con una desviación estándar de 800 horas. Se ha desarrollado un nuevo modelo de bombilla y se desea saber en términos de su vida media, si el nuevo diseño representa una mejora sobre el anterior. Se mide la duración de una muestra de 64 bombillas del nuevo tipo, y resulta que la vida media de la muestra es de 10 mil 200 horas. Si bien esta vida media es 200 horas mayor que la vida media de las bombillas con el diseño original, no sabemos en principio si la diferencia se debe a una fluctuación aleatoria en la muestra, o es resultado de una mejora. Si aplicamos el resultado de Gauss, nos damos cuenta que la desviación estándar de las medias de las muestras de 64 objetos es $1/8$ de la desviación estándar de la población original, la cual es igual a 800 horas. Pero $1/8$ de 800 horas son 100 horas, la mitad de las 200 horas obtenidas en nuestra muestra de prueba. Finalmente, la teoría de probabilidades permite establecer en alrededor de 0.05 la probabilidad de que esta diferencia ocurra por azar. Podría concluirse que es plausible atribuir la diferencia a una mejora en el diseño, ya que resulta razonable pensar que atribuir la diferencia al azar sería inclinarse por un evento poco probable, como lo muestra el cálculo. Cabe señalar que tanto en la práctica del control de calidad, como en otras cuestiones de la estadística inferencial, como son las pruebas hipótesis, las técnicas son en realidad mucho más refinadas, pero el ejemplo anterior ilustra bien algunas de las ideas básicas.

En la actualidad, la estadística es una disciplina enormemente desarrollada, con aplicaciones en áreas tan diversas como la física, la economía, la sociología, la psicología, la biología y la medicina. Esto no es extraño, pues la teoría matemática de las probabilidades en la cual se basa la estadística, es una de las mejores herramientas que tenemos hasta el momento para proporcionar cánones de razonamiento en situaciones de incertidumbre. Laplace decía que el cálculo de probabilidades no es sino sentido común expresado en números, pero psicólogos como

Kahneman y Tversky (1982) han demostrado, concluyentemente, que nuestros razonamientos espontáneos en situaciones de incertidumbre, las más de las veces conducen a conclusiones diferentes de las que se obtienen aplicando la teoría de las probabilidades. Nos fiamos de nuestra intuición, sin darnos cuenta que ésta suele verse afectada por distorsiones cognitivas que sesgan nuestros juicios y apreciaciones en situaciones de incertidumbre, las cuales podríamos evitar si nos detuviéramos con más frecuencia a hacer recuentos y cálculos, y a contrastar nuestras intuiciones con los hechos que señalan los números. Si este fenómeno contradice a Laplace, o confirma la apreciación de otros pensadores de que el sentido común es el menos común de todos los sentidos, se los dejamos como problema al lector.

Cabe señalar, finalmente, que por sí misma la estadística no prueba nada ni es un medio autónomo para descubrir nuevas verdades. La teoría estadística tiene como principal propósito proporcionar medios matemáticos para valorar la coherencia interna de grupos de datos numéricos, y sopesar la evidencia que dichos datos proporcionan a favor o en contra de hipótesis previamente desarrolladas. Así mismo, la estadística proporciona un lenguaje matemático preciso para formular y estudiar fenómenos en que intervienen grandes colectivos. La estadística es una herramienta poderosa, pero no sustituye las construcciones teóricas ni las prácticas discursivas de las disciplinas a las que se aplica. Además, para poder razonar exitosamente con números al estilo de los estadísticos, debemos enfrentarnos con algunas ideas fundamentales de matemáticas, y en matemáticas, como dijo Euclides, no existe un Camino Real.

BIBLIOGRAFÍA

- Crombie, A.C. "Philosophical Pressupositions and Shifting Interpretations of Galileo" en Hintikka et al. (Eds.), *Theory, Change, Ancient Axiomatics and Galileo's Methodology*, Dordrecht, 1981.
- Crosby, A. W. *La medida de la realidad. La cuantificación y la sociedad occidental, 1250-1600*, Crítica, Barcelona, 1998.
- Hacking, I. *La domesticación del azar*, Gedisa, Barcelona, 1991.
- Hacking, I. *El surgimiento de la probabilidad*, Gedisa, Barcelona, 1995.
- Kahneman, D., Slovic P. y Tversky, A. (Eds.), *Judgement under Uncertainty: Heuristics and Biases*, Cambridge University Press, Cambridge, 1982.
- Peters, W. *Counting for Something. Statistical Principles and Personalities*, Springer-Verlag, New York, 1987.
- Von Mises, R. *Probability, Statistics and Truth*, Dover Publications, New York, 1957.
- Von Plato, J. *Creating Modern Probability. Its, Mathematics, Physics and Philosophy in Historical Perspective*, Cambridge University Press, Cambridge, 1994.

La producción textual del discurso científico
se terminó de imprimir en diciembre del 2000
en los talleres de
Jason's Editores, S.A. de C.V.
La edición consta de 1000 ejemplares
más sobrantes para reposición.