

LAS VARIABLES EN EL MÉTODO CIENTÍFICO

José Amiel Pérez*

En las diversas áreas del conocimiento, para su mejor aprendizaje y entendimiento, se establecen los criterios básicos y las unidades que las constituyen. Así cuando hablamos de Biología decimos que su elemento fundamental es la célula, para el Pensamiento es el concepto, en Química el átomo, en el Lenguaje es el término o palabra.

Del mismo modo considero como la unidad fundamental del Método de la Investigación Científica a la variable. Efectivamente, a partir de ella construimos la Hipótesis y para demostrarla diseñamos los experimentos utilizando variables operativizadas; pero podemos detectarlas desde la observación, la formulación del problema o al precisar el marco teórico.

Se denomina **variable** a todo aquello que tiene características propias –que la distingue de lo demás– que es susceptible de cambio o modificación y la podemos estudiar, controlar o medir en una investigación. Cuando nos referimos a las ciencias naturales estamos expresando cambios en una o más características de un objeto real que forma parte de la naturaleza; o al objeto íntegro si todo él es considerado una variable. Esta definición da origen a su clasificación desde un punto de vista matemático - estadístico: las variables cualitativas y cuantitativas discretas o continuas que permiten, según los casos, aplicar las pruebas estadísticas correspondientes.

Existen diversos tipos de variables, según el punto de vista que elijamos para su clasificación. Las variables más importantes para el método científico son:

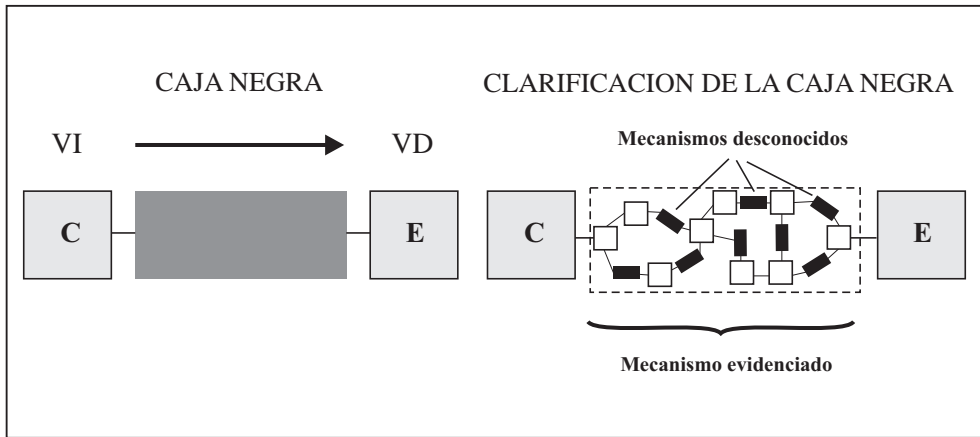
Causa o Variable Independiente (VI) es el motivo, o explicación de ocurrencia de otro fenómeno. En el experimento es la variable que puede manipular el investigador y se le suele denominar tratamiento.

Efecto o Variable Dependiente (VD) es el fenómeno que resulta, el que debe explicarse.

Estas dos son las variables fundamentales para el método de la ciencia. Pero hay, además, otras que concurren a esta relación causa - efecto, aumentándola, disminuyéndola, suprimiéndola, desviándola o, tal vez, provocándola. Se denominan **variables intervinientes**. Ocurren, simplemente porque en nuestra realidad aquellas dos (causa - efecto) no se encuentran aisladas, participan en el devenir del universo conjuntamente con muchísimas otras variables presentes en su entorno. Algunas de estas variables afectan en mayor o menor grado a la relación causa - efecto específica que pudiéramos haber seleccionado, aquella que queremos estudiar. Son variables que **intervienen** necesariamente, de allí su denominación.

* Vicerrector de investigación de la Universidad Científica del Sur, Lima, Perú.
josamiel@terra.pe

Entonces, tenemos un universo complejo constituido por una inmensidad de variables que interactúan unas con otras y al hacerlo pueden influir en su propio comportamiento posterior, unas veces con gran intensidad y otras escasa o nula, dando así lugar a a) asociaciones simples o bien a b) relaciones de causalidad. Esta relación de causalidad puede, a su vez, ser directa en unos casos o mediática en otros, con muchos fenómenos secuenciales; cadenas de sucesos, que cuando son desconocidas, las denominamos “cajas negras” parodiando las cajas negras de los aviones, con información que existe pero que debe buscar e interpretar el investigador.



Este universo complejo constituye la trama de la ciencia; es el que hay que desentrañar y para el que René Descartes diseñó un procedimiento metodológico, que con algunas modificaciones es válido hasta la actualidad. Proceso cuyos objetivos son la búsqueda de las variables desconocidas y el establecer de la manera más precisa su relación.

Las variables y sus relaciones, que el hombre progresivamente descubre, van estructurando poco a poco el edificio que conocemos como ciencia, con sus enunciados, leyes específicas y generales que finalmente se integran en teorías.

El investigador acucioso, con su interesante tendencia reduccionista, minimiza la enorme cantidad de variables existentes y considera sólo las variables relevantes, aquellas que participan decisivamente en el fenómeno en estudio y que cuantitativamente son las que exhiben mayor valor. A su conjunto se le denomina modelo.

Las variables pueden ser endógenas cuando forman parte de un modelo determinado y exógenas cuando provienen desde fuera del modelo. Los economistas suelen llamar externalidades a las variables que modifican un modelo y no estaban inicialmente previstas en él.

Variables abstractas y variables concretas

Pero queremos resaltar un tipo específico de variables: las variables abstractas y las variables concretas. El hombre, desde épocas muy lejanas, ha pretendido siempre concretar sus conceptos, por más inmateriales que pudieran parecer. Tendencia que se observa incluso en manifestaciones que no corresponden al campo de las ciencias. En la Biblia se relata el desplazamiento de Moisés para recibir las Tablas de la Ley que Dios le iba a entregar, pero el hombre quería un Dios concreto y en su ausencia fabricó un becerro de oro para reemplazar al Dios abstracto que ellos conocían. Las transacciones comerciales se han realizado desde milenios atrás con objetos concretos, que representaban valores. Por ejemplo el ají, el oro, etc. Reemplazados luego por monedas y billetes, no tienen más el valor intrínseco que en otras épocas se les atribuyó.

Hoy día reconocemos a un antibiótico como una sustancia sólida, un polvillo blanco o cristalino caracterizado por su aspecto físico y no por la propiedad antibiótica que determinada estructura química le confiere al inhibir la reproducción de ciertos gérmenes o destruirlos. Ésta y otras propiedades específicas son variables abstractas, inmateriales. Se ha reemplazado la acción antibiótica de la penicilina, o de la ciprofloxacina, por algo concreto, un polvillo blanco y es natural que así sea por razones prácticas y porque en muchas ocasiones nos referimos específicamente a la sustancia sólida y cristalina que estamos observando; pero esta sustitución exige al hombre moderno complementar el concepto físico con el conocimiento de sus propiedades. Se señala con frecuencia que quienes plantean aspectos abstractos, lo hacen sin fundamento alguno y les piden concretar. Es así como concretar se ha convertido en sinónimo de fundamentar, lo que suele ser verdad sólo en determinadas ocasiones.

Operativización de las variables

Este concretar las variables es fundamental en la tarea del investigador y se requiere usualmente para el proceso que se denomina operativización de las variables. Importante y necesario para la demostración de las hipótesis. No hay duda que después de haber trabajado suficientemente en esta tarea se puede pasar a ampliar el concepto de la variable, con el objeto de hallar racionalmente otras variables concretas que logren el mismo o mejor efecto. Por ejemplo, si nosotros conocemos las propiedades que caracterizan a una variable y entre ellas identificamos a las que le confieren el efecto que esperamos, es posible que encontremos en el universo de conocimientos, muchas más que también posean esas propiedades (las que nos interesan) y generen también y más eficientemente ese efecto determinado, pero a menor costo.

Por eso es que después de descubierto el primer antibiótico, la penicilina, se buscaron muchas sustancias producidas por hongos u otros microorganismos y se encontró la estreptomomicina, tetraciclina, eritromicina, etc. Pero es más, determinando la estructura química de la variable penicilina o ciprofloxacina e identificando en ella la propiedad que interesa, se puede modificar la estructura molecular a fin de obtener nuevas propiedades que permitan una acción antibiótica no sólo más potente y de mejor absorción sino más amplia e incluso diferente. Es el caso de la amoxicilina y la dicloxacilina, derivados sintéticos obtenidos a partir de la penicilina, pero que inicialmente, cuando Fleming la descubrió en 1928 a partir del hongo *Penicillun notatun*, esto no era posible. Sólo se había establecido una relación causa - efecto. No se conocían los mecanismos ni las características de las variables.

Sin embargo, estas acciones antibióticas podían ampliarse a futuro, y así se hizo 1) con nuevas observaciones, similares a la de Fleming, en la búsqueda de otros hongos y microorganismos diversos, y 2) aumentando, por síntesis química, el número de compuestos; el reconocimiento de sus propiedades químicas hizo posible la obtención de nuevas moléculas con efectos distintos y más amplios -espectro extendido, estabilidad ante cepas resistentes- así como una mejor absorción y biodisponibilidad.

El tema de las sustancias cancerígenas es interesante y si partimos de la base probable de la génesis de cierto tipo de cáncer, una mutación, y de esta mutación tomamos sólo una forma, la de corrimiento de marco, veremos que muchas de las sustancias mutagénicas que la producen tienen aspectos que son comunes y característicos de su estructura química:

- Es un compuesto aromático, policíclico.
- Es planar.
- Posee una cadena lateral que puede reaccionar con los nucleótidos del ADN.
- Su carácter mutagénico se incrementa notablemente, si presenta en su estructura una función epóxica.

Si logramos reunir las variables específicas que originan mutaciones con efecto cancerígeno y las validamos experimentalmente, podremos preparar una extensa relación de sustancias que cumplen esas características. Su confirmación empírica nos proveerá de la identidad de las moléculas químicas que habría que evitar lleguen al ADN y así no tengan lugar la mutación y la enfermedad.

La variable específica

Se busca la variable específica para ampliar las fronteras de aplicación del concepto, profundizando en el conocimiento al aislar e identificar a la variable causal y extender su utilización, intento que nos lleva a la paradoja de convertir así a la variable específica en una variable de uso general.

Es el caso del concepto **protector dental** atribuido a una variable compleja, el agua de bebida de un determinado lugar, constituida normalmente por diversas sustancias químicas en solución. Uno de los elementos químicos de esta agua de bebida, que la caracteriza y distingue, es el flúor.

En la literatura científica se estipula una serie de hechos que marcan el desarrollo histórico de la aplicación del flúor como protector dental, desde el siglo XIX, y se destacan sus tropiezos también.

Se afirmaba que las piezas no carizadas contenían mayores concentraciones de fluoruro que las carizadas, y se sugería como medio para limitar las caries incluir fluoruro en la dieta.

Posteriormente, en 1931, se alertó sobre el efecto tóxico del fluoruro sobre la dentadura: el moteado del esmalte. Aunque precisamente estos dientes moteados no presentaban caries.

Sin embargo, un órgano de difusión masivo ha publicado otra historia del descubrimiento del fluor como protector dental, cuya veracidad desconocemos pero que es aleccionadora. En síntesis y para los efectos de su aplicación metodológica es el siguiente:

Un equipo de expertos dedicados a la promoción de la salud y apoyo social trabajaba en ayuda de una comunidad indígena del Amazonas. Los dentistas que participaban en la tarea se sorprendieron al no encontrar caries entre los aborígenes del lugar y se preguntaban cuál sería la causa. Las investigaciones los llevaron a la conclusión de que el agua de una laguna cercana y de la que los pobladores bebían normalmente, era esa causa que buscaban. Así, la solución para la protección dental de todas las poblaciones, aledañas y alejadas, consistiría en beber de aquellas aguas. Pero:

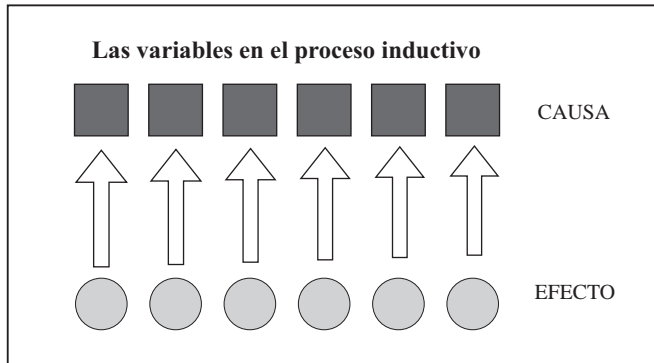
1. Imposible que todas o la mayoría de las poblaciones de la Tierra pudieran beber de esta agua, cuyo uso quedaba circunscrito a las poblaciones indígenas mencionadas y, tal vez, sólo a aquellas más cercanas.
2. Las posibilidades de traslado y comercialización de las aguas de la laguna mencionada eran limitadas y la fuente se agotaría muy pronto.

Era pues necesario descubrir, cuál de los elementos (variables) que constituían esa agua de bebida de la población indígena, era responsable de esta acción beneficiosa. Los estudios concluyeron, sin lugar a dudas, que esas aguas contenían importantes cantidades de fluoruros de las que carecían otras aguas de bebida. Se había pasado de una variable compleja, el agua local (con sustancias químicas en solución), a una específica (el flúor). Fácil de obtener y distribuir, el flúor podría ser aplicado para beneficio prácticamente de todos los habitantes de la Tierra. La paradoja: conviene reemplazar una variable compuesta, localizada y de uso restringido, por una variable simple y específica, de fácil difusión y aplicación generalizada.

Este proceso de identificación y posterior generalización puede aplicarse en muchísimos campos de la ciencia y la tecnología. El concepto *protector dental* se operativizó con el de flúor y se convirtió en un hecho concreto y de aplicación común.

Una práctica interesante y a la vez una contribución al conocimiento científico consiste en la búsqueda de variables y su operativización para dilucidar experimentalmente la controversia de Lanmark y Darwin, sobre si el uso frecuente de un órgano o tejido es el que provoca los cambios genéticos, o estos ocurren al azar y es su adaptación al medio, al entorno natural, lo que determina su prevalencia en la naturaleza. Una experiencia de resistencia a los antibióticos, comentada en internet, parece haberla demostrado. La pregunta es si basta una demostración como ésta para afirmar una verdad tan amplia, pues se trata de un concepto general como es la evolución, o si para el caso se requieren muchas más.

Este es también el problema que enfrentan la ciencia y su método, pero en el sentido inverso, es decir, si deben aceptarse los procesos inductivos que nos permiten pasar de conocimientos concretos e individuales a leyes generales abstractas; esto es, que se derivan de un número determinado de hechos concretos que siempre puede resultar insuficiente.



Como hemos visto en los temas anteriores, la ciencia química ocupa un lugar particularmente trascendente en las tareas de búsqueda e identificación de variables específicas, así como en la operativización de las mismas, por lo que su desarrollo promete un auge notable para la ciencia y la innovación tecnológica. Recientemente hemos tenido ocasión de apreciar su importante participación en la secuenciación de genes que permitieron lograr el genoma humano, gracias al trabajo de Watson y Crick -premios Nóbel- sobre la estructura en doble hélice del ADN y su configuración química, por lo que debemos esperar adelantos formidables en proteómica y genómica, que serán tanto más notables cuanto más profundicen los fenómenos y reacciones derivadas de las estructuras químicas y sus propiedades.

Son pues muchas y muy importantes las funciones que desempeñan las variables en el conocimiento científico y su método. Su sola presencia en una determinada estructura o contexto es capaz de modificarla y es básico su reconocimiento en las interrelaciones diversas que suelen crearse. Estudiando a profundidad una variable muy sencilla se puede lograr conceptos complejos y muy generales, de amplitud tal que abarquen lugares remotos y escondidos del universo; uno de ellos la relatividad de Einstein. De allí nuestra propuesta para considerar a la variable como la **unidad fundamental del método de la investigación científica**: una variable bien precisada, es una verdad científica perfectamente definida.

REFERENCIAS

- Artigas, Mariano. Filosofía de la Ciencia Experimental. Ed. EUNSA, Pamplona, España, 1989.
- Amiel, José. Metodología de la investigación científica. CONCYTEC. Lima, Perú, 1993.
- Bunge, Mario. La Investigación Científica. Su Estrategia y Filosofía. Ed. Ariel, 2da. edición. Barcelona, España, 1983.
- Mella O.S., *et al.* “Los Dientes Moteados y el Flúor en el Agua de Consumo”. Bol Oficina Sanitaria Panamericana 118 (3), 1995.
- Organización Mundial de la Salud. “Los fluoruros y la salud bucodental”. Informe de un Comité de Expertos de la OMS. Ginebra, 1994.
- Ridley, Matt. Genoma. Santillana Ediciones, Madrid, España **2001**, 42, 43, 444, 538, 539.
- Caballero Romero, Ángeles. Metodología de la Investigación Científica. Ed. Tecnocientífica, Lima, Perú, 1987.
- Piscocoya Hermosa, Luis. Investigación en Ciencias Humanas y Educación. Lima, Perú, 1987.
- Popper K. The Logia of Scientific Discover. 1935, Hutchinson, London, England. 1959.
- Russell Bertrand. La perspectiva científica. Ariel Sarpe Ediciones. Madrid. España, 1949 - 1983.
- Sánchez Carlessi, Hugo y Reyes Meza, Carlos. Metodología y Diseño en la Investigación Científica. Ed. Educativa. Lima, Perú. 1984.
- Campbell N, Mitchell L., Reece J. Biología. Conceptos y Relaciones. 3era Edición Pearson Educación, México, **2001**, 182 – 253.