

Reflexiones sobre la ciencia

Reflections on science

Óscar Augusto García Zárate*
Universidad de San Martín de Porres

Fecha de recepción: 14/09/10

Fecha de aceptación: 27/10/10

RESUMEN

El presente artículo tiene por objeto efectuar una aproximación a los principales aspectos de la ciencia. Según ello, se abordan tópicos concernientes a los inicios de este quehacer humano, distinguiendo entre los perfiles que adopta en la antigua Grecia y los asumidos a partir del siglo XVII. Del mismo modo, el concepto de ciencia, sus funciones y clasificación, la concepción de aquélla como investigación, por una parte, y, por otra, como conocimiento, la naturaleza del método científico y el examen de algunas importantes nociones que forman parte del lenguaje científico, son temas también abordados aquí.

Palabras clave: ciencia, investigación científica, conocimiento científico, método científico, lenguaje de la ciencia.

ABSTRACT

This paper introduces to the most relevant aspects of science. There is an historical overview, which makes emphasis on the role played by ancient Greeks and Seventeenth Century's thinkers. Concepts such as science, its functions and classification, science as research, science as knowledge, scientific method are also addressed and analyzed.

Keywords: science, scientific research, scientific knowledge, scientific method, scientific language.

INTRODUCCIÓN

El impacto que el desarrollo de la ciencia ha tenido sobre nuestro mundo en los dos últimos siglos es un hecho que difícilmente podría negarse. Desde los experimentos realizados por Galileo en la célebre torre de Pisa hasta ahora mucha agua ha corrido bajo el puente. La mecánica celeste llevada hasta un punto en que parecía haberse logrado un nivel estimable y aparentemente insuperable de exactitud, por parte de Isaac Newton, fue paulatinamente perfeccionada, merced a los impactantes descubrimientos en los terrenos de la física llevados a cabo por Einstein, y por esos tiempos también, por los físicos que, siguiendo la ruta trazada por Max Planck, crearon el armazón teórico de lo que luego se conocería como mecánica cuántica. Y no sólo se trata de la física. El descubrimiento de la estructura del ADN, llevado a cabo por Francis Crick y James Watson, en 1953, determinó el fortalecimiento de la convicción de que, finalmente, el misterio de la vida misma podría desentrañarse a partir del conocimiento de las bases físico-químicas que sustentaban su desarrollo. El proyecto del genoma humano, por su parte, logró en gran medida elaborar el mapa genético humano, y la ingeniería genética ha logrado, a partir de esto, importantes avances. El sorprendente desarrollo de las neurociencias, asimismo, nos permiten pensar que la espinosa relación entre mente y cuerpo, va camino de ser auscultada con creciente precisión, otorgándonos, con esto, la ocasión de vislumbrar la clara posibilidad de alcanzar una mejor comprensión de los fenómenos que tienen lugar en la estructura psíquica humana.

Por lo dicho, se impone la necesidad de dar cabida a un ejercicio de reflexión en torno a la ciencia, cuya presencia en el contexto de la cultura humana se percibe cada vez con más fuerza y nitidez. Precisamente, éste es el propósito de las siguientes líneas: aproximarse, a grandes trazos, a los principales aspectos que conforman este quehacer que, ya sea visto como un tipo de conocimiento, ya como una actividad investigativa, ha sido determinante en la configuración de nuestro mundo, no sólo a través de las respuestas que el hombre dedicado a su cultivo ha formulado frente a una realidad que se muestra como fuente inagotable de preguntas, sino, también, a través del dominio de nuestro entorno que la tecnología, con los peligros inevitables –y lamentables– que ello conlleva, ha hecho posible.

Nuestro recorrido será el siguiente. Comenzaremos refiriéndonos a algunas cuestiones relacionadas con el nacimiento de la ciencia. Luego, nos ocuparemos de lo concerniente al concepto de ciencia, y a las dos formas en que ésta puede ser concebida: como conocimiento y como investigación. Nos abocaremos, tras esto, al desarrollo de una breve

temática en torno a la clasificación de las ciencias, y a las funciones y al método de la ciencia. Pasaremos revista, de inmediato, a un núcleo clave de cuestiones, y entre las que se cuentan aquellas dadas por el lenguaje de la ciencia, y nociones como las de lenguaje objeto y metalenguaje, concepto y proposición, inferencia, problema científico, hipótesis científica, ley científica y teoría científica.

GÉNESIS DE LA CIENCIA

Es sabido que en la Grecia clásica, los conceptos de ciencia y filosofía no aludían a dos saberes substancialmente distintos, como sucede en la actualidad. En el marco del pensamiento de Aristóteles, por ejemplo, las expresiones «sabiduría», «filosofía primera» o «ciencia primera» son empleadas para referirse a lo mismo, es decir, a la filosofía. Para el autor de la *Metafísica*, la ciencia (o *episteme*, que era el término griego empleado en aquella época) es aquel saber que indaga acerca de las causas. Y a la filosofía –ciencia suprema porque estudia el ente en cuanto ente– ha de corresponderle la investigación acerca de los primeros principios y las primeras causas. Indagar acerca de las causas suponía establecer clara y precisamente el porqué de aquello en torno de lo cual se está investigando. La física y la matemática, por ello, también son consideradas ciencias por Aristóteles, si bien ellas se encuentran subordinadas a la filosofía primera.

La neta distinción entre ciencia y filosofía hubo de producirse luego de que se fuera dando un paulatino cambio de perspectiva alrededor del siglo XVII, ya que es por entonces cuando tuvo lugar un acontecimiento de capital importancia en la historia del pensamiento: Galileo, concibiendo los fenómenos naturales desde un punto de vista cuantitativo, contribuye decisivamente al surgimiento de una forma novedosa de ver el mundo, aquella que había de cristalizar en el nacimiento de la ciencia experimental.

Componente clave que Galileo hubo de incorporar en el despliegue de esta nueva manera de abordar el estudio de los fenómenos naturales estuvo dado por el empleo de las matemáticas en la elaboración de los datos proporcionados por la experiencia. Como se puede advertir, –si se considera el escenario previo configurado por la ciencia cualitativa de sello aristotélico– lo que asomaba era una nueva visión de la realidad, pues ésta pasaba a ser convertida en objeto de estudio desde una perspectiva estrictamente cuantitativa. Mientras que Aristóteles había forjado un esquema de la realidad que estaba vertebrado en torno a cualidades, esencias, lugares y movimientos naturales, conceptos como los de acto y potencia, y causas finales, eficientes, materiales y formales, considerando

como cúspide absoluta de un entramado tal, un motor inmóvil, Galileo, por su parte, trastocó absolutamente una visión de ese tipo al introducir un sistema de conceptos que, amén de ser novedosos, se revelaban, sobre todo, sumamente útiles pues ellos expresaban relaciones cuantitativas, esto es, relaciones establecidas a través de exactas fórmulas matemáticas. La ciencia tal como la conocemos ahora, nació, precisamente, en ese momento.

CONCEPTO DE CIENCIA

La ciencia nace en el siglo V a. C, en la Grecia antigua; mientras que la ciencia moderna, en el siglo XVII (Asimov, 1973: 18-22), (Jaffé, 2008: 79-82). La palabra “ciencia” proviene del griego *episteme*, que fue usada por Aristóteles para referirse al conocimiento de las causas que producen el movimiento de las cosas y sus cambios

Karl Popper en su conocidísima obra *La lógica de la investigación científica*, al discutir los presupuestos de la concepción naturalista de la metodología empleada en la ciencia, nos recuerda que establecer qué procedimiento resulta ser científico o qué cosa merece la denominación de ciencia siempre es un asunto que se decide a través de una convención.

Así, pues, suscribimos una definición de ciencia que actualmente cuenta con particular arraigo, y merced a la cual aquélla puede ser concebida como el proceso de producción de conocimiento (investigación científica), y, asimismo, como el producto o resultado de dicho proceso (conocimiento científico).

La *ciencia como proceso* (concepción diacrónica o dinámica de la ciencia) es caracterizada como un conjunto finito de actividades orientadas a la producción de conocimientos o a la resolución de problemas cognoscitivos. La *ciencia como producto* (concepción sincrónica o estática de la ciencia) es un sistema de proposiciones referentes a un dominio particular de objetos, cuya verdad se establece a través de la experiencia (observaciones, mediciones o experimentos) o mediante la demostración (pruebas lógico-matemáticas).

Si se repara en los términos ‘ciencia,’ ‘investigación científica’ y ‘conocimiento científico’, podrá apreciarse que, aunque bien pueden ser considerados equivalentes en un sentido amplio, no obstante, en uno restringido no lo son. Pues la ciencia entendida como proceso de producción de conocimientos se denomina *investigación científica*; y como producto de la investigación científica, *conocimiento científico*. (Kerlinger, 1988: 3)

La *ciencia* está constituida por *teorías científicas*; éstas, a su vez, se encuentran conformadas por un conjunto de proposiciones denominadas *leyes científicas*; y éstas, por un conjunto de *hipótesis científicas* corroboradas.

LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

La investigación científica es un proceso de producción de conocimientos científicos. Ella puede ser básica, aplicada, multidisciplinaria e interdisciplinaria. Veamos esto.

- a) La *investigación básica o teórica* está orientada a satisfacer la necesidad teórica, es decir, la necesidad humana de comprensión o explicación racional de un fenómeno o propiedad del mundo real, así como de una proposición de carácter lógico-matemático. Por ejemplo, las investigaciones en psicología, física, biología, economía o matemática son de este tipo.
- b) La *investigación aplicada o tecnológica* está orientada a la satisfacción de la necesidad de dominio del mundo real o necesidad pragmática que el hombre manifiesta en relación con la realidad; según esto, aquél trata de encontrar la manera de hacer algo con eficiencia y siguiendo el camino óptimo. Por ejemplo, las investigaciones en las diversas ingenierías, en el ámbito de las ciencias de la salud, de la educación o del derecho son de este tipo.

La especialización auspiciada por los logros científicos de los últimos dos siglos ha hecho imposible una discusión no trivial entre dos profesionales de disciplinas diferentes, como, por ejemplo, entre un economista y un ingeniero mecánico, entre un matemático y un historiador, o entre un médico y un geólogo. Y, aun más, la compartimentación del saber ha proliferado también dentro de la misma disciplina, así, poco tienen que decirse un geómetra y un estadístico, o un especialista en antropología urbana y uno en antropología forense. En este sentido, en la segunda mitad del siglo XX aparece la multidisciplinaria y la interdisciplinaria como intentos de enlazar las diferentes metodologías y conocimientos para ofrecer respuestas sugerentes tanto a problemas antiguos como a nuevos.

- c) La *investigación multidisciplinaria* consiste en abordar el objeto de estudio de una disciplina por medio de otras disciplinas. Un templo precolombino, por ejemplo, puede estudiarse por la arqueología, la historia del arte, la arquitectura, la geología, la historia de las religiones, e, inclusive, por la teología y la así llamada ciencia de los mitos. Del

mismo modo, los fenómenos de la globalización y la multiculturalidad pueden ser abordados por antropólogos, sociólogos, economistas, abogados, educadores y filósofos profesionales. El conocimiento del objeto dentro de su propia disciplina se llega a expandir gracias al enfoque multidisciplinario del que se ha servido.

- d) La *investigación interdisciplinaria*, por su lado, tiene que ver con la transferencia de métodos de una disciplina a otra, pudiendo ir desde la mera aplicación (como sucede en el caso de la oncología, la cual aprovecha en algunos de sus tratamientos los métodos de la física nuclear, y en el caso de la filosofía analítica cuando hace uso de los métodos de la lógica y la lingüística para el examen y análisis de los problemas y argumentos que surgen dentro de su esquema conceptual) hasta la creación de nuevas disciplinas, como la paleopatología que nace de la transferencia de métodos de la patología hacia la paleontología. Al igual que la multidisciplinaria, la interdisciplinaria ofrece un alentador campo de resultados originales, innovadores y productivos. No podemos negarlo: la interdisciplinaria fue lo que ha dado origen a ese árbol casi infinito de compartimentos entre especialidades y subespecialidades que es la ciencia de hoy en día.

ASPECTOS DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

En la producción de conocimientos científicos se advierte la presencia de dos aspectos bien definidos: los aspectos internos y los aspectos externos.

Los aspectos internos o epistémicos se refieren a la dinámica interna de la investigación científica, esto es, al establecimiento de la verdad científica. Dichos aspectos están dados por el método científico general y los métodos particulares, así como por las reglas lógicas del discurso racional, que no admiten contradicciones, falacias ni imprecisiones.

Los aspectos externos, en cambio, se refieren a los condicionamientos externos que influyen en la dinámica interna de la investigación científica, favoreciendo, unas veces, al desarrollo de unos sectores del conocimiento científico, y otras, obstruyendo el adecuado despliegue de otros. (Piscoya, 1995: 13-19)

Los aspectos externos son de tres tipos, a saber, sociales, psicológicos y filosóficos. Los aspectos sociales se refieren a los diversos condicionamientos representados por los procesos que se operan en el seno de la sociedad. Estos condicionamientos pueden ser históricos (la

revolución industrial, la guerras mundiales, el surgimiento del proceso de globalización, por ejemplo), culturales (las creencias religiosas, la tradición y los valores, entre otros) y económicos (escasos niveles de recursos económicos, por ejemplo, impiden la materialización de proyectos de investigación). La comunidad científica, es decir, los hombres que hacen y producen ciencia, forman también parte de los aspectos sociales de la investigación científica.

Los aspectos psicológicos se refieren, en cambio, a los condicionantes subjetivos de la investigación científica, es decir, a la experiencia creadora. Los aspectos subjetivos son irrelevantes para el establecimiento de la verdad científica, sin embargo, juegan un rol importante en la investigación científica, sobre todo, en la generación de hipótesis.

Los aspectos filosóficos se refieren a los supuestos ontológicos (“El mundo exterior existe independientemente del investigador”), a los supuestos gnoseológicos (“Es posible alcanzar la verdad”) y a los supuestos éticos (“Los conocimientos científicos deben ser usados para beneficiar a los hombres y no para causarles daño”) que subyacen a toda investigación científica. (Bunge, 1999: 28-29).

EL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

El conocimiento científico es el resultado de la investigación científica, y posee las siguientes características:

- a) El conocimiento científico es *objetivo*, pues éste es independiente del sujeto que la formula. Este rasgo, sin embargo, se resuelve en la llamada intersubjetividad¹ de la ciencia, es decir, en el hecho de que ésta es transferible o comunicable, lo cual no significa sino que toda proposición científica puede ser transmitida de una persona a otra, y los resultados a los que se arriban en el marco de una determinada ciencia pueden ser obtenidos por cualquiera que se sitúe bajo las condiciones experimentales apropiadas.¹
- b) Es *metódico*, en la medida que es obtenido a través del método científico, es decir, mediante el planteamiento del problema, la formulación de la hipótesis y la contrastación de la misma.

1 Al respecto valdría la pena traer a colación el parecer de Popper: “(...) yo mantengo que las teorías científicas no son nunca enteramente justificables o verificables, pero que son, no obstante, contrastables. Diré, por tanto, que la *objetividad* de los enunciados científicos descansa en el hecho de que pueden *contrastarse intersubjetivamente*”. (Popper, *La lógica de la investigación científica*, p. 43).

- c) Es *sistemático* por ser ordenado, integrado y relacionado –algo que permite el establecimiento de teorías que, por lo general, explican una cantidad infinita de hechos.
- d) Es *consistente* porque excluye toda contradicción posible en su lenguaje.
- e) Es *naturalista* porque excluye la existencia de entidades no naturales y las fuentes de conocimientos que no sean la lógica y la experiencia.
- f) Es *falibilista* porque es un conocimiento provisional y perfectible. Es un saber limitado, esto es, no es un conocimiento absoluto, infalible y definitivo.
- g) Es un conocimiento *fundamentado empírica o lógicamente*, es decir, está respaldado por observaciones, mediciones, experimentos o por pruebas lógico-matemáticas. (Sanz, 1987: 16-20).

CLASIFICACIÓN DE LAS CIENCIAS

Atendiendo a la finalidad que persiguen, las ciencias se clasifican en básicas o teóricas, y aplicadas o tecnológicas (Bunge, 1969: 41-43).

Las *ciencias básicas o teóricas* son las que están orientadas a satisfacer las necesidades de carácter teórico, esto es, el afán humano de entender o comprender la realidad natural y social, esto al margen de su aplicación práctica inmediata. Las ciencias básicas o teóricas, teniendo en cuenta tanto su objeto cuanto su método, se clasifican en *ciencias formales* y *ciencias fácticas*.

Las *ciencias formales* discurren en torno a *objetos ideales*, tales como los números, las proposiciones o los razonamientos. La lógica y la matemática son las ciencias formales paradigmáticas. La verdad de las proposiciones de estas ciencias se determina a través de la *verificación lógico-demostrativa* (pruebas lógico-matemáticas).

Las *ciencias fácticas*, en cambio, discurren en torno a *objetos reales* (objetos espacio-temporales) tales como la dilatación de los cuerpos (física), la variación de la moda (sociología), o la devaluación monetaria (economía), razón por la que pueden ser subdivididas en *ciencias naturales* y *ciencias sociales*. Las ciencias naturales (física, química y biología) se ocupan de los fenómenos de la realidad natural; las ciencias sociales (historia, economía, sociología, etc.), abordan el estudio de los fenómenos que constituyen la así llamada realidad social. La verdad de los enunciados de las ciencias naturales y de las ciencias sociales se

establece mediante la verificación empírica (observaciones, mediciones o experimentación). Aunque es necesario acotar que en el ámbito de estas últimas no es posible alcanzar el mismo grado de exactitud que el que se logra en el de aquéllas.

Las *ciencias aplicadas o tecnológicas* tienen como propósito satisfacer necesidades de carácter práctico, esto es, aquellas que responden al impulso de dominio o control de la realidad natural o social por parte del hombre. Las ciencias aplicadas se dividen en tecnologías sustantivas y tecnologías operativas.

- a) Las *tecnologías sustantivas* tienen el cometido de modificar el mundo real o la conducta humana; entre éstas figuran las tecnologías físicas (ingenierías), las tecnologías biológicas (ciencias de la salud) y las tecnologías sociales (el derecho y la pedagogía).

No estará de más recordar a propósito de esto que el derecho, según Mario Bunge, es una tecnología social de control y reforma de la conducta humana. De control, porque evita los comportamientos que resultan ser perniciosos en términos sociales; y de reforma, en cuanto modifica el comportamiento humano. (Bunge, 1969: 35-73)

- b) A diferencia de éstas, *las tecnologías operativas* no persiguen la transformación directa del mundo, sino que están orientadas a optimizar el proceso mediante el cual se lleva a término esta empresa; entre ellas figuran la investigación operativa, la contabilidad, la administración de empresas y la teoría de juegos.

FUNCIONES BÁSICAS DE LA CIENCIA

La ciencia cumple fundamentalmente cuatro funciones: ella describe, explica, predice y aplica. (Sanz, 1987: 21-27) La ciencia *describe* cuando presenta, señala o enuncia las propiedades de los fenómenos o hechos que estudia, así como las relaciones que se pueden establecer entre estos. Cumple tal función recurriendo a la observación ya sea ésta directa ya indirecta, y se vale de proposiciones, es decir, de oraciones aseverativas que pueden ser calificadas de verdaderas o falsas. Por ejemplo, la economía define el fenómeno de la inflación –y precisamente en esto consiste la descripción– como el aumento general y sostenido de los precios y cuyos efectos resultan ser desfavorables para la economía de un país.

La ciencia *explica* cuando obtiene el conocimiento de la causa de los fenómenos, así como de sus propiedades y relaciones. Cumple esta función recurriendo a leyes y teorías, y se vale de las inferencias, esto es,

de estructuras de proposiciones, en el marco de las cuales la conclusión se obtiene a partir de una o más premisas. Las inferencias pueden ser válidas o inválidas. Siguiendo con la economía, esta ciencia explica la inflación, es decir, enuncia las causas que generan este fenómeno. Y al hacerlo, considera entre ellas el aumento de ciertos precios que afectan significativamente el precio de otros productos; el déficit fiscal, esto es, el exceso de gasto por parte del gobierno; y las expectativas inflacionarias que se generan en medio de las personas que prevén, de alguna manera, la emergencia de este fenómeno (Díez, 1997: 221-223).

La estructura lógica básica de la explicación científica podría ser resumida en la fórmula que reza: “El *explicandum* se deduce lógicamente del *explicans*”. (Hempel, 1979:36). El *explicans* se compone de las razones que se aducen para dar cuenta del *explicandum*, que es, evidentemente, aquello que ha quedado explicado a partir del *explicans*. El siguiente ejemplo ilustra la referida fórmula:

¿Por qué Júpiter gira alrededor del Sol?

Todos los planetas giran alrededor del Sol
Júpiter es un planeta

} *Explicans*

Luego, Júpiter gira alrededor del Sol

} *Explicandum*

La ciencia *predice* cuando infiere o deduce de una hipótesis, ley o teoría fenómenos nuevos, es decir, aún no acaecidos. Cumple esta función recurriendo a leyes y teorías, y se vale de las inferencias. En relación, por ejemplo, con el fenómeno inflacionario, la economía de hecho predice los efectos que dicho fenómeno producirá en el terreno de la producción y el consumo. Entre tales efectos, tenemos, por ejemplo, la reducción de la capacidad de compra; los cambios de hábitos en lo que concierne al consumo, al ahorro y a la inversión; y la agudización de la pobreza, pues la inflación afecta, sobre todo, a las familias de bajos ingresos.

Finalmente, la ciencia *aplica* cuando usa los conocimientos científicos para resolver problemas prácticos. Cumple esta función a través del diseño y construcción de artefactos técnicos. En el caso de la economía, esta ciencia aplica los conocimientos alcanzados en relación con el estudio de la inflación al hacer posible implementar medidas que reduzcan el impacto

de la inflación sobre la población, de modo tal que se podrá saber, por ejemplo, que es mejor aceptar un empleo en que los salarios se ajusten cada tres meses antes que uno en que éstos lo hagan anualmente, aun cuando el salario en éste último sea mayor.

EL MÉTODO CIENTÍFICO

La palabra “método”, en consideración de su origen etimológico, nos remite a dos palabras griegas: el verbo *meterkhomai* que significa “proseguir”, y *hodós*, cuya traducción sería “camino”. Según esto, pues, el sentido de “método” se vincula estrechamente a la idea de perseguir un objetivo, fin o propósito, siguiendo, para esto, una determinada ruta o un cierto camino. Se podría decir que en términos actuales el método tiene un carácter prescriptivo porque puede ser definido como un conjunto finito y ordenado de reglas que adecuadamente observadas conducen al logro de un fin o una meta. Asimismo, este carácter, como es fácil advertir, tiene mucho que ver con el proceder del científico al momento de hacer ciencia. En virtud de ello, el método científico es definido como un conjunto finito de reglas que regulan el proceso de la investigación científica. (Ferrater Mora, 1994: 2400), (Lalande, 1966: 633).

El método científico que es común a toda actividad científica se denomina método científico general. Los métodos particulares, a diferencia del método científico general, están constituidos por un conjunto de reglas derivadas del método científico general y que regulan las investigaciones dentro de una determinada disciplina científica. Por ejemplo, el método de hacer un cultivo para hacer un experimento en microbiología, el método de muestreo estadístico, los métodos empleados para hacer microscopía electrónica, o para redactar cuestionarios en sociología, son ejemplos de métodos particulares.

Las reglas del método científico general (Piscoya, 1995: 24-29) son las siguientes:

- a) Formular el problema con precisión y específicamente.
Ejemplo: ¿Cuál es la causa de la fiebre puerperal?
- b) Plantear una hipótesis, esto es, una propuesta de solución provisional al problema.
Ejemplo: La causa de la fiebre puerperal es la materia cadavérica.
- c) Deducir, a partir de la hipótesis, una consecuencia contrastable, esto es, que se pueda someter a observación o experimentación.

Ejemplo: Si la materia cadavérica es la causa de la fiebre puerperal, entonces la eliminación de la materia cadavérica de las manos de los médicos por medio del lavado con un antiséptico potente, producirá una baja de mortalidad por fiebre puerperal en la Primer División de la Maternidad del Hospital General de Viena.

- d) Contrastar la consecuencia o hecho deducido de la hipótesis por medio de la observación o experimentación.

Ejemplo: Semmelweis puso a prueba esta suposición destruyendo químicamente el material infeccioso adherido a las manos. Dictó una orden por la que se exigía a todos los estudiantes de medicina que se lavaran las manos con una solución de cal clorurada antes de reconocer a ninguna enferma. En efecto, la mortalidad comenzó a decrecer, y en el año 1848 descendió hasta el 1, 27% en la División Primera, frente al 1,33% de la Segunda.

- e) Analizar los resultados, esto es, preguntarse por qué la respuesta es como es, y no de otra manera.

Ejemplo: Posteriores experiencias clínicas –once paciente con cáncer cervical murieron por fiebre puerperal- llevaron pronto a Semmelweis a ampliar su hipótesis. En efecto, llegó a la conclusión de que la fiebre puerperal podía ser producida no sólo por materia cadavérica, sino también por materia pútrida procedente de organismos vivos. (Hempel, 1973:17-20)

EL LENGUAJE DE LA CIENCIA

Existen dos tipos fundamentales de lenguajes: el natural y el científico. El *lenguaje natural* es el lenguaje usado en la vida cotidiana. Tiene una amplia gama expresiva, es decir, sirve para comunicar informaciones, formular órdenes, expresar deseos, sentimientos, etc. Pertenecen a este lenguaje, por ejemplo, el español, el inglés, el francés, el guaraní, entre otros. El *lenguaje científico* es el lenguaje usado en la actividad científica. Sólo sirve para formular conocimientos. Es un lenguaje especializado. Pertenecen a este lenguaje, por ejemplo, el lenguaje de la lógica, de la matemática, de la física, entre otros. (Foucault, 1988: 5)

LENGUAJE OBJETO Y METALENGUAJE

La diferencia entre lógica y metalógica es un caso paradigmático de la diferencia entre lo que se llama *lenguaje objeto* y lo que se califica de

metalenguaje (Bunge, 1969: 66). El primero es definido como el lenguaje que se habla; el segundo como el lenguaje en el cual se habla acerca del lenguaje que se habla. En otras palabras, el metalenguaje es un lenguaje que se usa para hablar de otro lenguaje llamado lenguaje objeto. Por ejemplo, las afirmaciones que hacemos sobre las propiedades de las proposiciones y de las inferencias son metalingüísticas y las proposiciones e inferencias mismas que usamos como ejemplos son parte del lenguaje objeto. Así, cuando decimos:

(1) “No es verdad que Ayacucho sea la capital del Perú”, formulamos una proposición negativa perteneciente al lenguaje lógico, esto es, al lenguaje objeto. En cambio, cuando decimos:

(2) “ ‘No’ es una partícula que designa negación y que se antepone a una proposición”, formulamos una proposición que pertenece a la metalógica, esto es, al metalenguaje.

Una manera sencilla de construir el nombre de una proposición consiste en escribirla entre comillas. Por ejemplo:

(3) ‘La Tierra es mayor que la Luna’ es el nombre de La Tierra es mayor que la Luna.

La primera expresión pertenece al metalenguaje de este texto y la segunda a su lenguaje objeto.

Asimismo, se puede construir nombres de nombres, de predicados, etc. Por ejemplo:

(4) ‘Canario’ es el nombre de canario.

(5) ‘Inteligente’ es el nombre de inteligente.

Pero no puedo decir que ‘canario’ es un pájaro, pero sí que ‘canario’ es trisilábica, pues en este caso no estoy hablando de un pájaro sino de la palabra misma. Tal diferencia corresponde, además a la que se establece entre el *uso* y la *mención* de los signos. En el ejemplo (1), el signo ‘no’ es usado; en el ejemplo (2), el mismo signo es mencionado.

CONCEPTO

Es un término que denota una propiedad que la satisface un conjunto de objetos. Un nombre propio, a diferencia de un concepto, se refiere a un único elemento para identificarlo. Los conceptos tienen diversos grados de abstracción. Los menos abstractos se refieren a objetos macrofísicos, por ejemplo, el concepto “carnívoro”. Los más abstractos se refieren a objetos

que no son directamente observables, como el concepto microfísico de “átomo”. A los términos que se refieren a objetos que no son directamente observables, pero cuya existencia se deduce de ciertos datos observables (indicadores), se denominan constructos o conceptos teóricos. (Kerlinger, 1994: 30-31)

PROPOSICIÓN

Es cualquier expresión lingüística susceptible de ser calificada como verdadera o falsa. La verdad y falsedad son sus propiedades, esto es, solamente las proposiciones pueden ser calificadas de verdaderas o falsas. Ejemplos:

- (1) El calor dilata los cuerpos.
 - (2) Los rayos de luz se propagan siempre en línea recta.
 - (3) Todos los números naturales son divisibles por sí mismos y por la unidad.
 - (4) Todos los números naturales son mayores que 0.
- (1) y (3) son proposiciones verdaderas; mientras que (2) y (4) son falsas.

Es necesario distinguir una *proposición* (objeto conceptual o constructo) de las *oraciones* (objetos lingüísticos) que la designan, expresan o formulan, así como es preciso distinguir una oración de sus diversas *enunciaciones* (acto psicofísico) orales, escritas, o por ademanes. En efecto, cuando enuncio, o escucho, o escribo, o leo una oración, por ejemplo, ‘Tres es mayor que dos’, ejecuto un acto psicofísico.

En consecuencia, la enunciación y la percepción de una oración son procesos y, como tales, objetos físicos en sentido lato. No así la oración misma: ésta puede considerarse como una clase de enunciaciones concretas en circunstancias particulares. Una misma oración podrá ser pronunciada por diversos sujetos, en distintas circunstancias y con diferentes tonos de voz. Cámbiese el sujeto, o las circunstancias, o el tono de voz, y se tendrán enunciaciones diferentes de la misma oración. Piénsese en la oración ‘ $3 > 2$ ’ dicha en lenguaje interior, susurrada, gritada, o escrita en diversos lenguajes.

Asimismo, ciertas oraciones designan o expresan proposiciones. Por ejemplo, las oraciones ‘ $3 > 2$ ’, ‘III > II’, ‘Three is greater than two’ y ‘Tres es mayor que dos’ expresan o designan una misma proposición. Pero si bien toda proposición es expresable por una o más oraciones, la recíproca no es cierta. En efecto, hay oraciones gramaticales que no

formulan proposición alguna, como por ejemplo 'El número cinco aleteó' y 'La raíz cuadrada de una melodía es igual a un sueño'. (Bunge, 1982: 62-65)

INFERENCIA O RAZONAMIENTO

La *inferencia* es una operación lógica que consiste en obtener la verdad de una proposición, conocida como conclusión, a partir de la verdad de una o más proposiciones, conocidas como premisas. Ejemplos:

Si eres niño, entonces eres soltero (premisa)

Si eres soltero, entonces no estás casado (premisa)

Luego, si eres niño, entonces no estás casado (conclusión)

La validez o invalidez son propiedades de las inferencias, es decir, únicamente ellas pueden ser calificadas de válidas o inválidas. Las inferencias pueden ser *deductivas* e *inductivas*, la disimilitud radica en el grado de relación existente entre las premisas y la conclusión, pues en una inferencia deductiva la conclusión deriva necesariamente de las premisas: la verdad de éstas garantiza la de aquélla; las premisas implican la conclusión. Por lo tanto, una inferencia es deductivamente válida cuando es imposible que sus premisas sean verdaderas y su conclusión sea falsa. En una inferencia inductiva, en cambio, la conclusión no se sigue necesariamente de las premisas: éstas solamente la hacen probable.

PROBLEMA CIENTÍFICO

Es una dificultad para la que no existen medios conocidos de solución. Está históricamente determinado, esto es, todo problema sólo es tal a la luz de los conocimientos de una época. Los problemas de una época no son necesariamente los de otra.

Los problemas pueden ser teóricos y tecnológicos. Los teóricos son aquellos cuya solución previsible es una hipótesis que queda confirmada por los hechos (ciencias fácticas) o demostrada por medios lógicos (ciencias formales). Los problemas tecnológicos son aquellos en los que la solución previsible es un conjunto de reglas técnicas que establecen cómo conseguir o hacer algo (tecnologías físicas, biológicas y sociales).

Ejemplos problemas científicos:

- ¿Cuáles son las causas del VIH?
- ¿Qué es lo que produce los rayos cósmicos?
- ¿Qué papel juega la compra y venta de moneda extranjera en la economía?
- ¿Por qué el calor dilata los cuerpos?

Entre los dos tipos de problemas existe una relación estrecha. En efecto, la solución de un problema tecnológico requiere previamente se solucionen problemas teóricos; y que, recíprocamente, la solución de ciertos problemas teóricos depende de que se solucionen previamente problemas tecnológicos. (Piscoya, 1995: 101-102)

HIPÓTESIS CIENTÍFICA

Es una proposición o enunciado que expresa una solución tentativa a un problema científico; debe ser decidible como verdadera o como falsa. Una hipótesis se contrasta cuando se coteja o confronta lo que dice la hipótesis con los hechos a que se refiere la hipótesis (Bunge, 1969: 249-252). Ejemplos:

- Problema: ¿Qué son los virus?
Hipótesis: Los virus son organismos vivientes.
- Problema: ¿Por qué se dilatan los cuerpos?
Hipótesis: Porque aumenta la vibración de las partículas que componen los cuerpos y al aumentar la separación entre ellas, el cuerpo crece.
- Problema: ¿Por qué se extinguieron los dinosaurios hace 65 millones de años?
Hipótesis: Por el impacto de un meteorito que hizo descender la temperatura de la Tierra, creando condiciones inhabitables para los dinosaurios.

LEY CIENTÍFICA

Es una hipótesis cuya verdad ha sido establecida a través de la observación de hechos de la realidad tanto social cuanto natural. “Una ley científica es un hipótesis confirmada de la que se supone que refleja un esquema objetivo” (Bunge, 1969: 336), (Díez, 1997: 127-129). Ejemplos:

- La ley de la caída libre de los cuerpos: “Los cuerpos sin apoyo, caen aceleradamente en proporción directa al cuadrado del tiempo de caída”.
- La ley de la inercia: “Todos los cuerpos, en un sistema inercial, se moverán indefinidamente en reposo, mientras una fuerza externa no los obligue a lo contrario”.
- La ley de Hubble: “La distancia de las galaxias es directamente proporcional a la velocidad de alejamiento de dichas galaxias”.

TEORÍA CIENTÍFICA

Es un conjunto de proposiciones o enunciados que describen las relaciones más generales existentes entre los objetos de un determinado sector de la realidad. En términos más rigurosos, una teoría científica es un conjunto de enunciados ordenados lógicamente, de tal manera que a partir de la postulación de la verdad de un número reducido de ellos (axiomas), se deduce la verdad de todos los otros (teoremas). “En el lenguaje ordinario y en la metaciencia ordinaria, ‘hipótesis’, ‘ley’ y ‘teoría’ son términos que se intercambian frecuentemente; y a veces se entiende que las leyes y las teorías son el núcleo de las hipótesis” (Bunge, 1969: 414). Ejemplos:

- La teoría de la gravitación de Newton.
- La teoría de la relatividad de Einstein.
- La teoría estructural funcionalista.
- La teoría marxista de la historia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asimov, I. (1973). *Introducción a la ciencia*. Plaza & Janes, S.A. Editores.
- Bunge, M. (1969). *La investigación científica*. Barcelona, Ariel.
- Díez, J.A. y U. Moulines. (1997). *Fundamentos de filosofía de la ciencia*. Barcelona, Ariel.
- Feyerabend, P. (1974). *Contra el método*. Barcelona, Ariel.
- Feyerabend, P., G. Radnitzky y W. Stegmüller (1984). *Estructura y desarrollo de la ciencia*. Madrid, Alianza Editorial.
- Foucault, M. (1988). *Las palabras y las cosas*. México, Siglo XXI
- Hempel, C. G. (1979). *La explicación científica*. Buenos Aires, Paidós.
- _____ (1977). *Filosofía de la ciencia natural*. Madrid, Alianza Editorial.
- Jaffé, K. *¿Qué es la ciencia? Una visión interdisciplinaria* (2008). Lima, Fondo Editorial de la UIGV.
- Kerlinger, F. N. (1988). *Investigación del comportamiento*. México D. F., McGraw-Hill.
- Kuhn, T. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. México, Fondo de Cultura Económica.
- Latour, B. (1992). *Ciencia en acción*. Barcelona, Labor.
- Okasha, S. (2002). *Philosophy of Science*. New York, Oxford University Press.
- Malinowski, B. (1970). *Una teoría científica de la cultura y otros ensayos*. Barcelona, Edhasa.
- Nagel, E. (1978). *La estructura de la ciencia*. Buenos Aires, Paidós.
- Piscoya, L. (1995). *Investigación científica y educacional*. Lima, Amaru Editores.
- Popper, K. (1967). *El desarrollo del conocimiento científico*. Buenos Aires, Paidós.
- _____ (1994). *La lógica de la investigación científica*. Madrid, Tecnos.
- Quine, W.V. (1969). "Epistemology naturalized", en *Ontological relativity and other essays*. Nueva York, Columbia University.
- Sanz, J. (1987). *Introducción a la ciencia*. Lima, Amaru Editores.

- Sellars, W. (1962). *Science, Perception and Reality*. Nueva York, Humanities Press.
- Suppes, P. (1988). *Estudios de filosofía y metodología de la ciencia*. Madrid, Alianza Editorial.
- Van Fraassen, B. (1980). *The scientific image*. Oxford, Claredon Press.
- Ziman, J. (1984). *An introduction to science studies. The philosophical and social aspects of science and technology*. Cambridge University Press.