

La naturaleza de la ciencia y el método científico

Lic. Humberto Fernández
Universidad del Salvador,
Buenos Aires, Argentina

1. La ciencia: Una caracterización general

Es ciertamente difícil, como lo reconoce Kerlinger (1975) proporcionar una definición del término 'ciencia'. No obstante ello, podría decirse en aras de una caracterización general de la ciencia, que ésta podría entenderse como un '*cuero de ideas*' (Bunge, 1979) o sistema de conocimientos. Estos conocimientos tienen la peculiaridad de ser el resultado de la aplicación de un conjunto de procedimientos racionales y críticos - esto es, no dogmáticos, no opinativos, no arbitrarios (Cf. López Alonso, 1982)- que caen bajo la denominación genérica de 'método científico'. En consecuencia, lo que esencialmente caracteriza a la ciencia en tanto que saber racional y críticamente fundado sobre la realidad (empírica y no-empírica), es el método a través del cual se construye ese saber o conocimiento. En la Figura 1 se proporciona una representación esquemática de este estado de cosas.

Precisamente, es en virtud del tipo de método seguido para alcanzar el conocimiento científico como puede establecerse una primera distinción entre las ciencias: las '*ciencias formales*' se caracterizarían por el empleo del así llamado 'método axiomático' y las '*ciencias empíricas o fácticas*', por el empleo de un método que, genéricamente, se podría denominar como el 'método de la contrastación empírica'.

2. Las ciencias formales y el método axiomático

El núcleo metodológico de las ciencias formales como la Lógica y la Matemática lo constituye el método axiomático. Este método consiste en la postulación de un conjunto de proposiciones o enunciados los cuales guardan entre sí una relación de deducibilidad. Este conjunto de proposiciones recibe el nombre de sistema axiomático por cuanto el punto de inicio de toda la cadena deductiva lo constituyen los axiomas, proposiciones cuya verdad no se demuestra aunque se toman como verdaderas. A partir de los axiomas y mediante la aplicación de una serie de reglas de inferencia, se derivan los otros componentes de la cadena deductiva denominados teoremas. Estos, habida cuenta del proceso deductivo que les dio origen, habrán de ser verdaderos en la medida en que lo sean los axiomas [\[1\]](#). A su vez, en todo sistema axiomático, los conceptos o términos con los que arman sus enunciados constituyentes pueden ser de dos tipos: términos primitivos o indefinidos, aquellos que se aceptan y emplean sin definición y términos definidos, aquellos que se definen a partir de los términos primitivos. Como un ejemplo de la aplicación del método axiomático en el campo de la Matemática puede citarse el desarrollo, por parte del matemático italiano Giuseppe Peano, de un sistema axiomático para la aritmética de los números naturales. Este sistema, conocido genéricamente como la *axiomática de Peano*, consta de los siguientes elementos constituyentes: (a) un conjunto de términos primitivos tales como 'uno', el predicado 'ser número natural' y la operación 'sucesor inmediato' y, (b) un conjunto de axiomas tales como 'uno es un número natural', 'el sucesor de uno es también un número natural', 'no hay dos números naturales que tengan el mismo sucesor, etc. Es a partir de estos axiomas como se pueden demostrar los teoremas propios de la aritmética referidos a las propiedades (conmutatividad, asociatividad, etc.) de las operaciones de suma, resta, multiplicación y división. Una representación

esquemática del método característico de las ciencias formales se esboza en la Figura 2.

3. La cuestión del método en la ciencia empírica: las tradiciones inductivistas y refutacionistas

Respecto del método seguido por la ciencia empírica, pueden distinguirse a su vez varias versiones encontradas que difieren entre sí en lo atinente a la concepción epistemológica de base respecto de lo que es la ciencia en sí o el conocimiento científico como tal. Entre estas versiones respecto de cuál es el método que sigue la ciencia empírica para lograr un conocimiento de la realidad, es tradicional distinguir entre las posiciones *inductivistas* y las *falsacionistas*. Estas últimas también conocidas como *refutacionistas*. Cada una de estas posiciones contó, en sus épocas de esplendor con figuras prominentes en sus filas. Así, militaron en el inductivismo, entre otros, H. Reichenbach, R. Carnap, C. Hempel y, en el refutacionismo, sin duda la figura más fuerte de todas, K. Popper.

3.1 El inductivismo

Desde el inductivismo, el conocimiento científico se concibe como un conocimiento *verdadero o cierto* sobre la estructura del mundo derivable por *inducción* a partir de la observación de un cierto número de hechos particulares por lo que, el método característico de la ciencia habrá de ser el *método inductivo*. De allí el nombre de *inductivismo* con el que se conoce a esta posición metodológica.

¿En qué consiste el método inductivo como medio de acceso al conocimiento científico? En lo esencial, dicho método consiste en la derivación -mediante un proceso de inferencia no-deductiva- de un conjunto de reglas generales bajo las cuales queden comprendidos las instancias particulares del fenómeno objeto de estudio. Estas reglas vendrían a describir una regularidad empírica en el comportamiento de los fenómenos observados por lo que suele denominarseles 'leyes empíricas' (Nagel, 1981).

Estas leyes constituirían, para el inductivista, el corazón de la ciencia. Dado que esta posición admite que los enunciados (universales)^[2] *derivados* mediante generalización inductiva pueden darse por verificados, esto es, probados como verdaderos, a esta variedad de inductivismo se la conoce con el nombre de *verificacionismo*.

El problema capital del verificacionismo, el 'problema de la inducción', es que la argumentación inductiva que sirve de base para la formulación de las leyes empíricas no constituye un razonamiento lógicamente válido por lo que, en principio, la conclusión -ley general- puede ser falsa aún cuando las premisas de partida -hechos observados- sean verdaderas. Luego, en punto a superar este problema, los inductivistas se vieron obligados a apelar a algún principio que permitiera legitimar la pretensión de verdad de las leyes empíricas. El así denominado 'principio de inducción' permitió a los inductivistas justificar el supuesto de que las leyes empíricas podrían considerarse como enunciados verdaderos acerca del mundo. Este principio rezaría más o menos como sigue: "si, en una gran variedad de circunstancias, se observa un gran número de objetos de una cierta clase y es el caso que absolutamente todos poseen la propiedad *j*, entonces puede aceptarse a todos los efectos como verdadero que

todos los objetos de esa clase poseen la propiedad en cuestión" (Cf. Chalmers, 1991; Klimovsky, 1997). Puesto que el principio de inducción debidamente cumplimentado no garantiza que una cierta ley general no sea refutada habida cuenta que es lógicamente posible encontrar un contraejemplo que la invalide, el inductivismo primitivo se vió obligado a reconsiderar el carácter de verdad perenne de sus leyes empíricas adoptando en su lugar, el concepto de verdad probable.

Desde una visión más atenuada del inductivismo, se comenzó a considerar que las afirmaciones generales de la ciencia no necesariamente se abstraían inductivamente de la experiencia sino que también, eran factibles de ser descubiertas por cualquier otro medio. Además, desde este inductivismo moderado, el conocimiento científico no era ya concebido como un conocimiento necesariamente verdadero sobre la realidad. Esta posición atenuada llegó a conocerse con el nombre de *confirmacionismo*. Desde esta perspectiva, las leyes empíricas en lugar de considerarse como enunciados verdaderos sobre la estructura del mundo, se las contemplaba más bien como una descripción *probablemente* verdadera acerca de cómo es el mundo siendo el grado de probabilidad mayor o menor en función del monto de apoyo observacional que le servía de sustento. Luego, para el confirmacionismo, las afirmaciones o enunciados generales de la ciencia que disponían de un fuerte apoyo empírico se las consideraría *confirmadas* antes que *verificadas*. El estatuto de verdad probable de una ley empírica se encontraría justificado por un principio de inducción de corte probabilístico que rezaría más o menos como sigue: "si, en una gran variedad de circunstancias, se observa un gran número de objetos de una cierta clase y es el caso que absolutamente todos poseen la propiedad *j*, entonces puede aceptarse a todos los efectos como *probablemente* verdadero que todos los objetos de esa clase poseen la propiedad en cuestión" (Cf. Chalmers, 1991). Ahora bien, la pretensión de justificar mediante este principio de inducción reformulado, el carácter de verdad probable de una ley universal enfrenta un escollo de peso cual es, como bien señala Chalmers (1991), el concepto de que la probabilidad de que sea verdadera una generalización empírica de carácter universal es, a todos los efectos, nula y ello es así por cuanto la probabilidad definida como un cociente entre un número *finito* de casos singulares o hechos observados –evidencia empírica acumulada- y un número potencialmente *infinito* de casos posibles –dominio de la ley general- es igual a cero.

Ambas variantes inductivistas coinciden, sin embargo, en el concepto de que es posible establecer la verdad o probable verdad de los enunciados universales, núcleo del saber o de las teorías científicas, mediante la recolección oportuna de la evidencia empírica pertinente. En efecto, en los enfoques menos sofisticados del inductivismo, la recolección de datos *precede* a la formulación, mediante la generalización inductiva, de un enunciado universal. Empero, en los enfoques más sofisticados no importa cómo se obtenga o descubra un enunciado universal, *a posteriori* de su formulación debe recabarse la evidencia empírica que servirá de basamento como prueba de su verdad o probable verdad. En este sentido se puede decir que una cierta teoría puede reputarse de científica, o lo que es lo mismo, adquiere visos de legitimidad en la medida en que se encuentre justificada

o avalada por los datos empíricos, árbitros últimos de la verdad o probable verdad de una tal teoría. Así, como bien lo señalan Klimovsky y de Asúa (1997), puede decirse del enfoque inductivista que es *justificacionista* en la medida en que supone que es posible una justificación empírica de los enunciados universales constituyentes del conocimiento científico en tanto que afirmaciones verdaderas o probablemente verdaderas acerca del mundo.

En las Figuras 3 y 4 se representan esquemáticamente las posiciones del inductivismo 'ingenuo' –verificacionismo- y del inductivismo 'sofisticado' –confirmacionismo', respectivamente y, en la Figura 5, se esquematiza el concepto de que las hipótesis científicas no pueden contemplarse como enunciados verdaderos o probablemente verdaderos sobre la estructura del mundo.

3.2) El refutacionismo

En abierta oposición al concepto de conocimiento científico como conocimiento cierto o probablemente cierto sobre la estructura del mundo, Popper (1973) basándose en la idea de que ningún tipo de argumentación inductiva puede llegar a establecer la verdad o probable verdad de una proposición universal, desarrolla su concepción hipotética de la ciencia proponiendo que, a lo sumo, el conocimiento científico es una *conjetura* acerca de cómo es el mundo. Una conjetura es, en esencia, un enunciado de carácter hipotético en el sentido de que comporta una suposición acerca cómo está estructurado el sector de la realidad al cual el mismo hace referencia. Los enunciados conjeturales, aunque se suponen verdaderos, por cuestiones estrictamente lógicas como habrá de verse, jamás podrán llegar a probarse que son tales.

Partiendo de la base de que las afirmaciones en ciencia empírica deben poder contrastarse con la realidad (empírica), resulta imperativo para cualquier teoría (científica) contar con elementos de juicio que, de algún modo, le otorguen un sentido de verosimilitud a la misma. Entre estos elementos de juicio, se destacan aquellos de carácter observacional que, por su propia naturaleza (fáctica), provienen del campo de la experiencia. Estos elementos observacionales suelen recibir el nombre de 'consecuencias observacionales' [3]

por cuanto los mismos se desprenden como una consecuencia lógica de los enunciados conjeturales que se proponen a propósito de la estructura del mundo. Así, si el mundo es verdaderamente tal y como lo afirma una hipótesis H , entonces cabría esperar la ocurrencia (en el mundo) de un cierto tipo de acontecimientos O . Ahora bien, ¿qué puede decirse de una teoría que cuenta con un cúmulo de elementos observacionales o evidencia empírica favorable a la misma? Si uno asimila el concepto de enunciado hipotético o hipótesis (H) a las condiciones antecedentes de un enunciado condicional (p) y los elementos observacionales (O) a sus consecuentes respectivos (q), es claro que, desde el punto de vista lógico, el *cumplimiento o verificación* de O no lleva necesariamente a afirmar la verdad de H . En caso de llegarse a esta conclusión, se acometería lo que los lógicos denominan la '*falacia de afirmación del consecuente*': la mera ocurrencia del consecuente q , no garantiza la verdad del antecedente p por cuanto aquel bien puede llegar a producirse por múltiples razones, *entre éstas*, el antecedente p considerado en forma explícita. Esto es lo mismo que decir que la ocurrencia de O es *incompatible* con un conjunto más o menos vasto de j posibilidades hipotéticas H, H_1, H_2, \dots, H_j de las cuales se encuentran bajo estudio sólo una, H . De allí que sería gratuito aceptar la verdad de H a partir de la verdad de O . Empero, si bien la verificación de O no permite establecer la verdad (o probable verdad) de H , su *no cumplimiento o refutación*, llevaría a establecer o a presumir la falsedad de H . En efecto, puesto que O es una consecuencia que *debe* producirse en el supuesto de que H sea verdadera, la no ocurrencia o refutación de O lleva a pensar que H puede no ser verdadera, es decir, puede ser falsa. La razón *lógica* que lleva a expedirse sobre la falsedad de H a partir de la refutación de O estriba en que ésta no es ni más ni menos que la conclusión de un *razonamiento deductivo* [4] que tiene entre sus premisas a H y, como en toda *deducción válida* una conclusión no puede ser falsa si sus

premisas son verdaderas, H no puede ser verdadera. Atento a este rol *asimétrico* que cumplen la verificación y la refutación de O en cuanto al establecimiento de la verdad de H , el refutacionista tiende cautamente a considerar *corroboradas* a las hipótesis cuyas consecuencias observacionales resultan verificadas en la realidad. Una hipótesis corroborada es aquella que puede aceptarse *provisionalmente* como una descripción más o menos verosímil respecto cómo es el mundo en la medida en que, en el proceso de contrastación empírica, se produzca la verificación de sus respectivas consecuencias observacionales. Cuando ocurre lo contrario, esto es, cuando las consecuencias observacionales resultan refutadas, desde una posición refutacionista extrema conocida como 'falsacionismo ingenuo' (Cf. Chalmers, 1991), la hipótesis en cuestión se declararía falsa sin más trámite. Una versión menos radical de esta posición, el 'falsacionismo sofisticado', admite que el proceso de contrastación empírica de una hipótesis dada es un asunto complejo en el cual intervienen no sólo la hipótesis principal a contrastar sino también otras hipótesis que se encuentran implícitas en el marco teórico (y metodológico) en el cual se inserta aquella. Por ello, la refutación de una determinada consecuencia observacional no implicaría necesariamente la falsedad de la hipótesis principal.

En definitiva, para el refutacionismo, el conocimiento científico no es sino un conjunto articulado de hipótesis o conjeturas que, sin ser verdaderas, al comprobarse en el plano empírico, nos acercarán progresivamente a la verdad configurando así 'un modelo tentativo y verosímil' (Klimovsky y de Asúa, 1997), más no uno verdadero, acerca de la realidad. En punto a obtener este conocimiento, el refutacionista propone como única alternativa metodológica válida, el método hipotético deductivo. Este consiste en formular hipótesis acerca de la realidad, derivar de ella deductivamente una serie de consecuencias observacionales, y someterlas a contrastación en el plano empírico. Si dichas consecuencias resultan verificadas, la hipótesis se mantiene; caso contrario, se revisan los datos observacionales o las hipótesis conexas a la hipótesis principal en pos de encontrar las razones por las que se produjo la refutación. De no haberlas o de producirse reiteradas refutaciones de las consecuencias observacionales asociadas a la hipótesis de marras, ésta eventualmente se descarta como conocimiento científico válido. En la Figura 6 se proporciona una representación esquemática del concepto de asimetría entre la verificación y la refutación –central en la concepción refutacionista de la ciencia- y, asimismo, del modelo hipotético-deductivo de contrastación de hipótesis.

4. Las ciencias formales y las ciencias fácticas: diferencias adicionales

Amén de la cuestión metodológica, por cierto que ambos tipos de ciencias, las formales y las fácticas, difieren en otros aspectos importantes: el tipo de objetos de los que se ocupan, el tipo de enunciados con los que expresan el conocimiento sobre el mundo y, por último, la finalidad que persiguen. En cuanto a los objetos de estudio, las ciencias empíricas se ocupan de los hechos y acontecimientos del 'mundo en que vivimos' (Hempel, 1979), esto es, de la realidad empírica en tanto que, las ciencias formales se abocan al estudio de objetos ideales, esto es, entidades que solo habitan en el mundo del pensamiento. Con respecto a los enunciados con los que operan ambas ciencias, suele afirmarse que las empíricas apelan predominantemente a *enunciados sintéticos* y, las formales, a *enunciados analíticos* en forma exclusiva. Los primeros son enunciados cuya verdad o falsedad es una función de su correspondencia con el estado de cosas de la realidad a la que hacen referencia (Vg., el enunciado "El pensamiento formal como último estado del desarrollo intelectual se alcanza aproximadamente a la edad de 12 años" es verdadero en el caso de que lo afirmado se corresponda con la realidad). Los segundos, por el contrario, son afirmaciones cuya verdad o falsedad se determina en virtud de relaciones formales o semánticas que se establecen entre los términos o componentes que lo constituyen

(Vg. "Llueve y no llueve": lógicamente falso; "Ningún soltero es casado": verdadero por definición). En lo atinente a la finalidad que ambos tipos de ciencia persiguen podría decirse que las ciencias fácticas apuntan a describir y explicar el conjunto de fenómenos de aquel sector de la realidad que recortan como su objeto de estudio. Puesto que las ciencias formales no se ocupan de la realidad empírica, bien podría afirmarse en un sentido general que su finalidad es el desarrollo y construcción de sistemas abstractos de pensamiento. En la Figura 7 se proporciona una descripción comparativa de ambos tipos de ciencia.

5. El conocimiento científico y sus contextos

De ser cierto que, como afirman algunos filósofos, "de la nada, nada sale", del conocimiento científico en tanto que creación de la mente humana, bien cabría preguntarse acerca de cómo surgió en un momento y lugar determinado de la historia. Una vez producido, bien correspondería preguntarse cómo determinar que dicho conocimiento puede tomarse como un conocimiento válido acerca de la realidad. Supuesto que tal conocimiento sea válido, cabría preguntarse asimismo acerca de cuál es su utilidad en el inventario de las cosas del mundo. En el ámbito de la ciencia, este tipo de cuestiones vienen a definir lo que tradicionalmente se denominan los *contextos del conocimiento científico*. Estos son: el contexto de descubrimiento, el contexto de justificación y el contexto de aplicación. Los dos primeros fueron propuestos por H. Reichenbach (1937) un filósofo de la ciencia enrolado primitivamente en el inductivismo y, el último, por el epistemólogo argentino G. Klimovsky (1994).

En el contexto de descubrimiento, como su nombre lo hace suponer, trata de las cuestiones referidas a los factores que dieron origen o coadyuvieron a la producción de una hipótesis o teoría científica. La elucidación de estos factores caería en la órbita de la Psicología y, también, de la Sociología. Estas disciplinas se abocarían la una, a estudiar los mecanismos psicológicos involucrados en la creación de hipótesis científicas, los procesos de razonamiento, solución de problemas, toma de decisiones y demás que acaecerían en la mente del hombre de ciencia, y, la otra, a desentrañar las circunstancias históricas que contribuyeron a la formulación de una teoría en un tiempo y lugar determinados.

El contexto de justificación, por otro lado, atañe a la cuestión de si la teoría descubierta o creada puede considerarse como conocimiento científico objetivo y fundado acerca del mundo. En este contexto se deben presentar los argumentos empíricos, lógicos y teóricos que lleven a aceptar una teoría como parte del corpus de la ciencia.

El contexto de aplicación, como su nombre lo indica, aludiría a la aplicación que se hace del conocimiento científico en vistas a la transformación de la realidad. En este contexto se trataría no solo los usos del conocimiento sino también los eventuales beneficios o perjuicios que los mismos acarrearán a la humanidad.

6. El conocimiento científico y sus peculiaridades

Bunge (1979) en su clásico texto sobre la ciencia, cataloga magistralmente una serie de características que distinguen al conocimiento científico en tanto que construcción artificial de la mente humana. En lo esencial, este tipo de conocimiento se destacaría por su carácter *fáctico, racional, verificable, objetivo, sistemático y explicativo*. El conocimiento científico es *fáctico* por cuanto trata sobre los fenómenos y hechos de la realidad empírica; es *racional* por estar fundado en la razón, esto es, en un conjunto de ideas y razonamientos y no en sensaciones, opiniones, pareceres o

dogmas; *verificable* en el sentido de comprobable empíricamente por cuanto sus afirmaciones deben someterse al tribunal de la experiencia; *objetivo* por cuanto sus afirmaciones pretenden ser concordantes con los objetos de la realidad; *sistemático* en el sentido de constituir un cuerpo de ideas lógicamente entrelazadas más que un cúmulo de proposiciones inconexas y, por último aunque no menos importante, el conocimiento científico es *explicativo* en el sentido de que el mismo no se conforma con describir cómo es el mundo sino que intenta dar cuenta de las razones por las cuales el mundo es como es vale decir, encontrar las razones por las cuales los fenómenos empíricos se comportan del modo en que lo hacen.

Gráficos que acompañan este trabajo

[en formato Word \[88 KB\]](#)

[en formato comprimido ZIP \[20 KB\]](#)

Notas

[1] Recordar que en toda deducción válida, las conclusiones nunca pueden ser falsas si las premisas son verdaderas. En un sistema axiomático, las premisas son los axiomas y las conclusiones, los teoremas.

[2] Estos enunciados constituyen afirmaciones generales referidos a todos

los miembros de una cierta clase. Ejemplo: "Todos los toros son negros" es una afirmación que sostiene que la propiedad de ser negro es consustancial a la clase de los toros.

[3] Una consecuencia observacional es un enunciado o expresión lingüística de aquello que cabría esperar en caso de ser cierta la hipótesis que le dio origen. Si las 'observaciones pertinentes' (Klimovsky, 1997), esto es los datos empíricos del caso se corresponden o no se corresponden con lo que se afirma en dicho enunciado, se dice que se ha producido, respectivamente, la verificación o refutación de la consecuencia observacional.

[4] Un razonamiento deductivo es, desde el punto de vista lógico, un conjunto de enunciados o proposiciones una de las cuales, llamada *conclusión*, se pretende que se derive o infiera de un modo necesario o no contingente de las otras llamadas *premisas*.

Referencias

Bunge, M. (1979). *La ciencia. Su método y su filosofía*. Buenos Aires: Siglo Veinte.

Chalmers, A. (1991). *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?*. Buenos Aires: Siglo Veintiuno.

Hempel, C. (1979). *La filosofía de la ciencia natural*. Madrid: Alianza.

Kerlinger, F. S. (1975). *Investigación del comportamiento. Técnicas y metodología*. México: Interamericana.

López Alonso, A. (1982). *Temas de metodología de la investigación*. Buenos Aires: Eudeba.

Nagel, E. (1981). *La estructura de la ciencia*. Buenos Aires: Piados.

Klimovsky, G. (1994). *Las desventuras del conocimiento científico. Una introducción a la epistemología*. Buenos Aires: A-Z editora.

Klimovsky, G. y de Asúa, M. (1997). *Corrientes epistemológicas*

contemporáneas. Buenos Aires: Editores de América Latina.
Popper, K. (1973). *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecnos.
Reichenbach, H. (1937). *Experience and prediction*. Chicago: The University of Chicago Press.



USAL
UNIVERSIDAD
DEL SALVADOR