

1 Aportes al análisis de los razonamientos inductivo y analógico

Luis Gómez, Guillermo Cuadrado

Resumen: El propósito de esta comunicación es cuestionar la hegemonía de la perspectiva epistemológica deductivista, considerada parcial. El marco teórico es el debate lógico y epistemológico sobre la estructura y el grado de certidumbre de las inferencias no-deductivas, especialmente los razonamientos inductivo y analógico. Se destacan los problemas de incertidumbre y las situaciones de verosimilitud en la usual búsqueda de respuestas para los problemas científicos y tecnológicos. Se concluye que las inferencias probables, y en especial el razonamiento inductivo y el analógico, cumplen una importante función en la investigación porque aproximan el nuevo conocimiento científico a la verdad y permiten la resolución de problemas.

Palabras claves: deducción, razonamiento no-deductivo, inducción, razonamiento analógico, inferencia.

Introducción

El propósito de esta comunicación es cuestionar una perspectiva epistemológica deductivista, crítica de los razonamientos analógico e inductivo utilizados en la investigación científica. Nadie duda de que la principal herramienta de un investigador científico sea su propio razonamiento. El mismo puede ser abordado desde distintos puntos de vista. Psicológicamente, es un proceso mental en el cual se combinan juicios, con algún grado de certeza, para obtener otros. Es un proceso psicológico de derivación, una inferencia fáctica, individual, subjetiva. Los actos de pensamiento respecto de un mismo objeto universal son diferentes entre personas, o aún en distintos momentos en el mismo sujeto psicológico (Russell p.89). El conocimiento como hecho no es independiente de la estructura biológica de los seres vivientes que realizan el acto cognitivo. Sociológicamente queda claro que los razonamientos en general están vinculados con las interrelaciones y los valores de las personas.

La verdad científica empírica siempre puede ser precisada, mejorada, o incluso dejada de lado. En la actualidad el rigor en ciencias empíricas es entendido principalmente como exactitud posible, con un margen de error controlable o aceptable. Cotidianamente los investigadores tienen que lidiar con problemas de incertidumbre y situaciones de verosimilitud. Es común trabajar con información o datos incompletos, o evidencia no suficientemente testeada. Y esto no ayuda para la formulación de hipótesis ni para el descubrimiento de opciones operativas. En estos casos es muy útil el método analógico. Su grado de utilidad depende de la experticia del investigador para relacionar el problema con otros casos semejantes conocidos. Esto se puede hacer en combinación con sistemas expertos o sistemas difusos, que contribuyen a enfrentar la incertidumbre y a proponer soluciones para los problemas: ya sea la formulación de hipótesis o la toma de decisiones.

El razonamiento.

Desde el punto de vista lógico un razonamiento es una estructura o sistema formal, representada en un cierto nivel de un lenguaje L , con diversos grados de formalización posibles, constituido por dos partes interrelacionadas: las proposiciones, o enunciados, y la relación formal de inferencia, o consecuencia lógica, que vincula una proposición, la conclusión, con las demás, que integran el antecedente. Los razonamientos tienen la propiedad de ser válidos o inválidos. El razonamiento se puede representar de una manera muy sencilla, como: $P_1, \dots, P_n / E$, siendo P_i las premisas ($i \geq 1$), E la conclusión y $/$ el signo de la inferencia.

La inferencia es un proceso discursivo, de derivación, tanto mediato como inmediato. Si hay sólo una premisa ($i = 1$) la inferencia es *inmediata*, por ejemplo: *todo procesador de texto es un software, luego, algún software es procesador de texto*. Si hay más de una premisa ($i > 1$) la inferencia es *mediata*. (De todas formas, las premisas están en conjunción). Si $i = 0$, es decir, si hay un conjunto vacío de premisas, no hay inferencia y no se trata de un razonamiento sino de una proposición.

Las proposiciones son oraciones declarativas con un valor de verdad. Son enunciados con sentido informativo. Las funciones

proposicionales como $F(x, y) \rightarrow G(y, x)$ no son proposiciones, por tener variables libres y por ello no son ni verdaderas ni falsas. Las expresiones afectivas (*¡Qué bello día!*), las preguntas (*¿A qué hora llegó Pedro?*) y las prescripciones (*No pise el pasto*) tampoco son proposiciones.

Tipos de razonamiento. La deducción.

Las principales formas de razonamiento reconocidas desde la antigüedad son la deducción, la inducción, la analogía, y alguna combinación de ellos. Posteriormente se incluyeron otras, como la abducción o retroducción (Peirce), la lógica difusa, o el razonamiento derrotable.

Un criterio de división establece que según cuál sea el tipo de inferencia o consecuencia lógica, tal será la clase de razonamiento. En los *razonamientos deductivos* la conclusión deriva de las premisas con necesidad (apodícticamente). Esto significa que si cada premisa es verdadera y, además, el razonamiento es válido, entonces existe la garantía de que la conclusión es verdadera. La manera de determinar la verdad o falsedad de cada premisa dependerá de su contenido. Esta tarea no corresponde al lógico, excepto cuando se trata de evaluar la verdad formal. La *demonstración* es el proceso por el que se justifica que la conclusión deriva válidamente de las premisas.

Según Flach (2006, p.683) un argumento es deductivo si su conclusión no puede ser contradicha (o *derrotada*) por nuevos conocimientos sin contradecir las premisas. Y una forma o estructura de razonamiento es deductiva si puede ser instanciada sólo por argumentos deductivos. Por lo tanto, el razonamiento deductivo es monotónico o *no-derrotable*. Y cualquier lógica particular es una formalización de una estructura específica de razonamiento. Inclusive puede haber varias lógicas que formalizan una estructura particular de razonamiento. Así, hay varias lógicas deductivas, como la modal, la temporal, la de la relevancia o las lógicas intuicionistas. Cada una de ellas es la formalización de algunos aspectos del razonamiento deductivo. Estas lógicas deductivas no comparten necesariamente las reglas de validez de los argumentos. Así, la regla carga de premisa (Cpr.): $\psi \vdash \phi \rightarrow \psi$ supone una interpretación veritativo-funcional del

implicador y permite validar el argumento "dos más dos es igual a cuatro; luego, si la luna es de queso, entonces dos más dos son cuatro" mientras que para la interpretación causal o relevante del implicador, ese argumento es inválido.

La lógica clásica considera los razonamientos deductivos (RD). Un RD es considerado *válido* si no se da el caso de que sus premisas sean verdaderas y su conclusión falsa. Luego, de premisas verdaderas se deriva *necesariamente* una conclusión verdadera. En los razonamientos no-deductivos (RND) la conclusión *puede* ser falsa aunque todas las premisas sean verdaderas. La verdad de las premisas no otorga certeza lógica sobre la verdad de la conclusión. Por eso ha sido privilegiada la lógica deductiva sobre la no-deductiva.

Un razonamiento es válido *necesariamente* cuando su estructura es tal que se puede demostrar que la conclusión deriva de las premisas, en función de un conjunto de reglas de inferencia o de procedimientos lógicos. Esto asegura que la conclusión es verdadera en caso de que las premisas lo sean. Pero si al menos una de las proposiciones que sirven de antecedente es falsa, no se puede determinar *a priori* si la conclusión es verdadera o falsa ya que ambos valores son posibles. La certidumbre deductiva no es de utilidad cuando al menos una premisa es falsa, o dudosa. Por ello se pide al razonamiento deductivo que sea sólido (*sound*) además de válido (*valid*).

La inducción.

Según la concepción clásica, la *inducción* es el razonamiento en el cual de premisas particulares o menos generales se deriva una conclusión universal.

Desde hace siglos se divide la inducción en *completa*, si en las premisas están contemplados todos los casos, e *incompleta*, si en las premisas no se consideran todos los casos. El esquema de la inducción *completa* es:

S_1, \dots, S_n son todos los (casos de) S y son P.
Luego, todos los (casos de) S son P.

El sistema de términos-sujeto (S_1, \dots, S_n) refiere un universo con alcance determinado, finito, donde (1 a n) son todos los S. Esta

inferencia no es ampliativa, ni probable. Un ejemplo sencillo: *Juan Pérez, María Cortez, y Pedro Coria son todos los alumnos de 5K1 de FRM 2011 y aprobaron el Proyecto Final. Luego, todos los alumnos de 5K1 de FRM 2011 aprobaron el Proyecto Final.* Dicha inducción completa se “convierte” sintácticamente en una deducción colocando la conclusión como premisa universal, y la segunda premisa como conclusión: *Todos los alumnos de 5K1 de FRM 2011 aprobaron el Proyecto Final. Juan Pérez, María Cortez, y Pedro Coria son todos los alumnos de 5K1 de FRM 2011. Luego, Juan Pérez, María Cortez, y Pedro Coria aprobaron el Proyecto Final.* Si la inducción es completa, a partir de premisas verdaderas se infiere *necesariamente* una conclusión verdadera. Por tanto, la crítica hecha por los deductivistas respecto de la poca confiabilidad de “la” inducción es una generalización (inductiva e) inapropiada. La conclusión es verdadera *porque* las premisas lo son. Luego, es inaceptable la afirmación de que la inducción completa es una deducción. Son razonamientos distintos e inversos; ninguno se “reduce” al otro.

Galileo cuestionó la inducción completa por considerarla *inútil* (por redundante, ya que la conclusión *no* es ampliativa, es decir, no agrega información a las premisas) y muchas veces es *imposible* (cuando el número de casos particulares es incontrastable por muy numeroso o infinito, o por inaccesibilidad a algunos casos).

Sin embargo, si el universo es acotado, y los casos, objetos, o datos, son accesibles, la evaluación sobre la utilidad de esta clase de inducción dependerá de las metas y de las herramientas para almacenar y tratar los datos. Actualmente los desarrollos informáticos en bases de datos y tecnologías de hardware permiten hacer inducciones completas muy útiles para universos acotados, con miles de registros, con muy escaso margen de error, y en muy poco tiempo.

Por su parte, en la inducción *incompleta* la inferencia no es necesaria, sino *probable*, y las premisas denotan algunos casos, los “suficientes” para considerar fundamentada la conclusión, provisoriamente. Cuando se habla de inducción en los textos actuales, ésta es la generalmente señalada. Su esquema es:

S_1, \dots, S_n son algunos (casos de) S y son P.
Luego, todos los (casos de) S son P.

Por ejemplo, *Mis hermanos Juan y Pedro han visto algunos aviones. Los aviones que han visto tienen dos alas. Luego, todos los aviones (los vistos y los no vistos) tienen dos alas.* Se trata de una inferencia *ampliativa*, ya que extiende arriesgadamente el dominio al alcance de los términos del sistema de sujetos. Una de las falacias más conocidas es la *generalización apresurada*, en la que se concluye generalizando con una base empírica pobre y con una intencionalidad sesgada. Pero si este riesgo es controlado y orientado epistemológicamente, es una inferencia *útil*, ya que la información de la conclusión excede la de las premisas, es decir, permite pasar de lo conocido a lo menos conocido, o a lo desconocido. Es un acceso heurístico a lo novedoso, abre horizontes a los descubrimientos con cierto grado de probabilidad.

La inducción incompleta es una forma de razonamiento en la cual la conclusión se deriva de las premisas de forma *contingente*, es decir, no necesaria. Esta inducción no es demostrativa. El sistema de términos-sujeto es infinito o indeterminado ($S_1, \dots, S_n, \dots \infty$), o es determinado pero n es muy grande o inaccesible e imposible de contrastar. La información que hay en la conclusión está sólo parcialmente contenida en la información de las premisas. Por tal motivo, la conclusión de una inducción puede ser falsa aunque todas sus premisas sean verdaderas. Sólo puede hablarse de *verosimilitud* o aproximación a la verdad. La diferencia entre lo afirmado en la conclusión y su denotado real, o margen de error, conlleva un grado de *incertidumbre*. Por eso se dice que la inducción es una inferencia *plausible*, o probable. Y en muchos casos se puede medir dicha probabilidad o grado de certidumbre con métodos estadísticos.

Hume afirmó que suponemos que el futuro se parecerá al pasado, esto es, que el comportamiento futuro de las cosas observadas repetirá el del pasado. Sin embargo, a veces después de observar algo un par de veces se llega a la conclusión de que siempre se comportará de forma similar; por ejemplo, cuando se hierve el agua dos o tres veces y se forman burbujas, se concluye que lo mismo ocurrirá en el futuro. Pero en otras ocasiones hay una gran cautela antes de predecir el comportamiento futuro de algún evento, incluso después de muchas observaciones, como el precio de las acciones de una empresa que cotiza en la Bolsa.

Además, del hecho que algunos eventos se den unidos en la experiencia pasada repetidamente, no siempre se induce que seguirán unidos en el futuro. Por ejemplo, si hasta la fecha todas las respiraciones de un perro han sido seguidas por más respiraciones no se infiere que será así en el futuro, porque se conoce inductivamente que todo perro muere (Ladyman, p.46). El razonamiento inductivo real es más complejo de lo que sugiere Hume. Los seres humanos y otros animales inteligentes no utilizan sólo la inducción enumerativa: un hombre o animal que sólo pueda saber que algo es peligroso después de comprobarlo muchas veces, no sobrevivirá mucho tiempo. Por ello, un niño aprende a no poner su mano en una estufa caliente después de una o dos veces que se queme, en lugar de repetir la observación una y otra vez.

En la ciencia, Francis Bacon introdujo la idea de hacer un *experimento crucial* como medio para optar entre hipótesis o teorías rivales con semejante poder explicativo. Por ejemplo, en el debate entre la relatividad general de Einstein y la mecánica newtoniana se hizo el famoso experimento por el que Eddington midió la curvatura gravitatoria de los rayos de luz durante un eclipse solar y confirmó la predicción de la relatividad general de que la trayectoria de la luz se inclina al pasar cerca al Sol. Se toma un solo experimento para proporcionar evidencia suficiente para respaldar una teoría. Hay diversas posturas respecto de esta confirmación. Duhem afirma que un experimento de verificación crucial es imposible. En cambio, Popper, sostiene que un experimento crucial es decisivo para la falsificación de una de las teorías rivales. Y Lakatos sugiere que un experimento crucial no puede ser determinante para derrocar una teoría, pero sí puede ser una indicación de la evolución o la desaparición de un programa de investigación. (Bunnin, p.154).

El razonamiento analógico

Es el conocimiento de un objeto (el *objetivo* o dominio novedoso) fundado en la transferencia de la semejanza (o contraste) de propiedades o de relaciones del mismo con algo más (la *fuentes* o dominio mejor conocido), establecida en las premisas. La misma noción de verdad semántica supone relaciones cognitivas fundadas en la analogía. El razonamiento analógico es muy

importante y se usa con más frecuencia de lo que se acepta tanto en la vida cotidiana como en la investigación científica.

Algunos autores coinciden en afirmar que es un razonamiento inductivo (Copi, p.303). Esto se debe a dos razones. Una es que incluyen el razonamiento analógico entre las inferencias probables (o no demostrativas), y éstas son llamadas genéricamente *inducción*, y son definidas en función de que su conclusión puede ser falsa aunque todas sus premisas sean verdaderas. La otra razón es la afirmación de que los analogados deben referirse a un analogante universal y esto se logra por generalización inductiva. Los analogados pueden ser vistos como *modelos* semánticos del analogante.

Esto es cierto respecto de las analogías materiales. Por ejemplo, si se modela con lógica difusa la composición química de un perfume constituido por la combinación de tres sustancias principales, podría implementarse un diseño de un modelo análogo materialmente para simular la producción química de un medicamento antialérgico con tres componentes principales. Sin embargo, no es aceptable dejar de lado las *analogías formales*. Los isomorfismos lógicos o matemáticos son analogías formales que pueden dar sustento a un razonamiento analógico formal. Un *isomorfismo* es una relación de semejanza entre dos o más estructuras, cada una de las cuales consiste en un conjunto de elementos y un conjunto de relaciones definidas entre ellos, y tal que el estudio de cada una de las estructuras puede reducirse al de la otra. En las analogías formales, de premisas verdaderas se deriva *necesariamente* una conclusión verdadera, al igual que en el razonamiento deductivo.

Por ejemplo, las fórmulas (1) y (2) son análogas lógicamente:

$$(1) \quad \{[p \rightarrow (q \vee r)] \wedge p\} \rightarrow (q \vee r)$$

$$(2) \quad [(p \rightarrow q) \wedge p] \rightarrow q$$

Siendo p, q, r, variables proposicionales cualquiera en L. Ambas tienen como *analogante* la ley del Modus Ponens:

$$[(\varphi \rightarrow \psi) \wedge \varphi] \rightarrow \psi,$$

Siendo φ , ψ , meta variables proposicionales cualquiera.

También se utilizan analogías formales en las ciencias empíricas, consideradas como semejanzas entre modelos o estructuras formales, de nivel puramente sintáctico, que pueden aplicarse para representar diversas regularidades fácticas. Por ejemplo, hay una correspondencia o paralelismo en el tratamiento teórico de los fenómenos eléctricos y de la teoría de la hidrodinámica. O *“una "ecuación de onda" en símbolos matemáticos puede expresar las leyes de un péndulo simple, de ondas de sonido o de luz, de funciones de onda cuánticas, etc., permaneciendo neutra a cualquier aplicación específica.”* (Hesse, p.299).

Los modelos fundados en analogías materiales son comunes en ciencias fácticas. Por ejemplo, cuando se considera que el comportamiento y las propiedades mecánicas de las partículas de gas son análogos materialmente al de las bolas de billar, o incluso al de partículas virtuales de un software de simulación. Los modelos y las simulaciones que están validados empíricamente son potentes analogías de los sistemas reales que potencian nuevos conocimientos. Los modelos materiales son estructuras semánticas, en tanto hacen referencia a entidades reales (como un péndulo) o imaginarias (como un ángulo).

Las analogías se *aplican* en diversos ámbitos científicos. En Matemáticas y Lógica: los homomorfismos e isomorfismos permiten el estudio de estructuras y grupos análogos entre sí. En Física y Química: los modelos y simulaciones son objetos semióticos análogos de la porción de realidad en estudio y se usan en los laboratorios virtuales. En Psicología cognitiva se simulan procesos cognitivos humanos. En Lingüística: la analogía permite ciertas figuras retóricas: comparación, alegoría y metáfora. También permite introducir variaciones semánticas y etimológicas. En Estadística: la inferencia estadística es un silogismo cuya primera premisa viene de una generalización inductiva formada a partir de numerosos ejemplos. En Biología: la homología es la expresión de una misma combinación genética y que supone un antepasado común. En cambio hay analogía en organismos semejantes o con la misma función por convergencia evolutiva, pero con origen y desarrollo embrionario diferentes, porque no presentan un antepasado común. En Derecho: la analogía fundamenta la jurisprudencia, considerando casos semejantes mediante comparaciones. En Inteligencia Artificial: el

razonamiento analógico se aplica en los procesos subyacentes a la creatividad, la dinámica conceptual y el aprendizaje. En Tecnología se crean variados objetos analógicos: simuladores de pantalla, simuladores de cabina, simuladores inerciales, equipos de realidad virtual; prototipos.

Todo tecnólogo opera inevitablemente en entornos de incertidumbre, en los que tiene que tomar decisiones profesionales con premisas insuficientes y dudosas. No siempre es posible disponer de información universal, completa y segura que permita deducir verdades formalmente necesarias en todos los aspectos de un proyecto tecnológico.

Los instrumentos lógicos más aptos para apoyar la toma eficiente de decisiones en ambientes con incertidumbre total o parcial son los razonamientos no-deductivos. La manera de enfrentar la incertidumbre de la lógica inductiva no ha sido negarla, ni adoptar un monismo metodológico, al estilo positivista, sino desarrollar vastos programas de investigación aplicada que avanza sin descanso. El objetivo es optimizar resultados. En una empresa esto significa aumentar ganancias, evitar o minimizar pérdidas, y aumentar la competitividad. Se han desarrollado lógicas computacionales, como los software de sistemas expertos, difusos, *soft computing*, *data mining* y otros para apoyar la toma de decisiones acertadas. La minería de datos (*data mining*) es un método para explorar computacionalmente relaciones entre variables en grandes bases de datos, para encontrar regularidades, patrones, tendencias o reglas que expliquen el comportamiento de las variables en un contexto. Integra disciplinas como la estadística, el aprendizaje de máquinas (*machine learning*), la inteligencia artificial, la administración de bases de datos y el reconocimiento de patrones (*pattern recognition*).

Conclusión

Tanto el desarrollo como los resultados de cada investigación científica y tecnológica dependen del uso de los razonamientos inductivo y analógico. Son instrumentos necesarios para enfrentar las frecuentes situaciones de incertidumbre y de toma de decisiones con información poco clara, incompleta, o dudosa.

Si se utilizan con criterios y condiciones apropiadas, los razonamientos inductivos y analógico son de gran valor para aproximarse a la solución de problemas ya que contribuyen a la formulación de hipótesis plausibles en ciencias empíricas.

Referencias Bibliográficas

Bochenski, I.M. (1979). (13 ed.). *Los métodos actuales del pensamiento*. Madrid: Rialp.

Bunnin, N., Yu, J. (2004). *The Blackwell Dictionary of Western Philosophy*. Oxford: Blackwell.

Cohen, M.R., Nagel, E. (1973). *Introducción a la lógica y al método científico*. 2 Vol. (3 ed.). Buenos Aires: Amorrortu. Traducción de *An Introduction to Logic and Scientific Method*. 1934.

Copi, I. (1973). *Introducción a la Lógica*. (13 ed.). Buenos Aires: Eudeba.

Flach, P. A. (2006). Modern Logic and its Role in the Study of Knowledge. En Dale Jacquette, *A companion to philosophical logic*. Oxford: Blackwell.

Hesse, M. (2001). Models and Analogies. En: Newton-Smith, W.H. *A Companion to the Philosophy of Science*. Oxford: Blackwell. pp.299-307.

Ladyman, J. (2002). *Understanding philosophy of science*. New York: Routledge.

Russell, B. (1975). *Los problemas de la filosofía*. (4^a ed.). Barcelona: Labor.

* * *