

EPISTEMOLOGÍA E HISTORIA DE LA CIENCIA

SELECCIÓN DE TRABAJOS DE LAS X JORNADAS

VOLUMEN 6 (2000), Nº 6

Pio García
Sergio H. Menna
Víctor Rodríguez
Editores



ÁREA LÓGICO-EPISTEMOLÓGICA DE LA ESCUELA DE FILOSOFÍA
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LA FACULTAD DE FILOSOFÍA Y HUMANIDADES
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons atribución NoComercial-SinDerivadas 2.5 Argentina



Comparación entre aproximaciones formales y empíricas al descubrimiento científico*

Gabriel Painceyr†

Introducción

En *The Logic of Reliable Inquiry* Kevin Kelly efectúa un análisis general de los diversos métodos usados en la práctica científica. Este análisis está basado en la aplicación de la llamada "teoría formal del aprendizaje" a problemas epistemológicos, concentrándose principalmente en la expresión formal y precisa de los diversos criterios que deben usarse al evaluar métodos de justificación, de predicción y de descubrimiento científico. La "teoría formal del aprendizaje", basándose en los desarrollos efectuados durante este siglo en teoría de la computabilidad, pretende aplicar estos resultados al análisis de diferentes dominios de estudio. En el caso de la lógica de la indagación confiable de Kelly, la aplicación se realiza sobre temas específicos de epistemología. En este trabajo nos concentraremos en su noción de "confiabilidad" para mostrar el papel que ésta juega en el caso del descubrimiento científico. Veremos, así, cómo esta fase de la actividad científica recibe, por parte de Kelly, un tratamiento lógico y matemático que resulta, en principio, novedoso.

Sin embargo, esta caracterización lógica del descubrimiento científico puede ser criticada a partir del trabajo empírico que ha venido desarrollándose en otras áreas. En Inteligencia Artificial, principalmente, han surgido no sólo programas de computación sino también teorías acerca del descubrimiento científico. Entre los participantes de esta área destacan principalmente Herbert A. Simon y sus colaboradores. Simon, precisamente, es uno de los más fuertes defensores de una aproximación de carácter fundamentalmente empírico hacia el descubrimiento científico, como así también un agudo crítico de las caracterizaciones exclusivamente formales y matemáticas como las de Kevin Kelly. Mostraremos algunos argumentos en que se basa esta crítica, que debe considerarse pertinente para la evaluación de la lógica de la indagación confiable.

Finalmente se presentará una ponderación crítica de la aproximación formalista de Kelly. Se mostrará, también, cómo cada uno de estos puntos de vista corresponde a diferentes estilos de investigación, anclados, por un lado, en las ciencias empíricas y de lo artificial, y, por el otro, en ciencias formales como la lógica y la matemática. En contra de Kevin Kelly, se argumentará que la consideración exclusivamente formal de criterios para evaluar métodos difícilmente será suficiente para caracterizar totalmente la práctica científica tal como se presenta en una situación de descubrimiento. En este sentido, el estudio y comprensión de las reglas heurísticas utilizadas por los científicos es altamente relevante para el entendimiento del descubrimiento científico real. A favor de Kevin Kelly, se mostrará que la consideración precisa de los criterios de evaluación de métodos puede aportar al diseño y desarrollo de mejores métodos de investigación, en particular a través de la implementación concreta de lo que él llama "arquitecturas completas de descubrimiento".

† Universidad Nacional de Córdoba.

La lógica de la indagación confiable de Kevin Kelly

Como se adelantó en el comienzo de este trabajo, la lógica de la indagación confiable de Kevin Kelly hace fuerte uso de sofisticadas herramientas lógicas y matemáticas, principalmente de teoría de la computabilidad y de topología. El resultado es una teoría epistemológica del método científico de acusado carácter formal, donde muchas de las afirmaciones y caracterizaciones vienen acompañadas de sus respectivos teoremas que las demuestran. Pero me concentraré en los aspectos filosóficos de la obra y principalmente en la noción clave de “confiabilidad”.

El origen del problema, tal como lo encara Kevin Kelly, está en cómo obtener una creencia verdadera con respecto de algo. A tal fin se han desarrollado, a lo largo de la historia, innumerables métodos de indagación, entre los cuales los métodos científicos en particular parecen ser los más elaborados y desarrollados.

El método científico, entonces, es un medio para hallar la verdad. Sin embargo, no siempre tenemos la seguridad de que la hallará. Es decir, un método científico particular puede o no ser exitoso. Pero, siendo más precisos en el análisis, en realidad un método puede ser siempre exitoso; o puede serlo sólo a veces; o puede obtener éxito en algunas ocasiones, bajo circunstancias conocidas, y en otras no; o puede obtener éxito sólo muy pocas veces o nunca. Por otra parte, puede entregarnos una creencia verdadera en forma completa y en un momento preciso, en un instante en el tiempo. O, por el contrario, puede ir acercándonos gradualmente hacia la verdad completa de algo, entregándonos sólo verdades parciales durante un extenso período de tiempo.

Por consiguiente, hay muchas clases de métodos científicos aunque, en general, sea corto o largo, parecen ser siempre un camino hacia la verdad. Por tanto, podemos decir que el método *converge*, en general, hacia la verdad, puesto que ésta es su meta.

En el comienzo de *The Logic of Reliable Inquiry*, Kevin Kelly dice lo siguiente:

La indagación comienza con la ignorancia y pretende reemplazarla con creencia verdadera. El método científico se supone que es nuestro mejor medio para efectuar este cambio. Pero el éxito no se supone que sea una cuestión de mera suerte o accidente. Un método confiable está, en algún sentido, garantizado de converger a la verdad, dados los supuestos del científico. Las garantías vienen en varios grados. El tema de este libro es la *confiabilidad lógica*, que requiere que el método converja hacia la verdad en *cada* circunstancia posible consistente con los supuestos básicos del científico. En otras palabras, la confiabilidad lógica demanda que los supuestos básicos del científico impliquen lógicamente que el método convergerá en algún sentido hacia la verdad.¹

Haremos sólo dos observaciones con respecto a esta cita. La primera se refiere a que las garantías (de converger a la verdad) se pueden presentar en grados diferentes. De estas garantías, en realidad, depende intimamente la confiabilidad lógica de un método dado. Si un método nos garantiza plenamente que convergerá a la verdad, entonces ese método será un método plenamente confiable. Pero, puesto que las garantías pueden venir en grados diferentes, la confiabilidad de los métodos, y la confiabilidad de la investigación en general, también podrá tener grados diferentes. Éste es el tópico central del libro: el análisis de los diferentes grados de confiabilidad de la indagación científica, desde lo inconfiable hasta lo absolutamente confiable. Precisamente a estos grados de confiabilidad se refiere Kevin Kelly al decir que “un método confiable está, *en algún sentido*, garantizado de converger a la verdad.” Los diferentes “sentidos” de garantías y de convergencia son los diferentes

grados en que pueden presentarse, y producirán por tanto diferentes “sentidos” de confiabilidad lógica. Lo que obtendremos finalmente serán jerarquías (infinitas) de confiabilidad lógica.

La segunda observación que debemos efectuar con respecto al primer párrafo citado se refiere al método científico. Allí se habla de “el método científico”, en general, sin especificación. Y esto es así puesto que lo que subyace es una posición fuertemente adoptada por Kevin Kelly: la lógica de la indagación confiable puede aplicarse a todos los tipos de método científico. La epistemología tradicional se ha concentrado casi exclusivamente en el estudio de los métodos de evaluación de teorías, exiliando incluso a los métodos de descubrimiento del campo de la epistemología y relegándolos a la psicología o a la sociología. La perspectiva confiabilista, por el contrario, considera lógicamente analizable no sólo a la evaluación de hipótesis y teorías, sino también a los procesos científicos de descubrimiento y de predicción, extendiéndose además el análisis a los casos donde la experimentación y la inferencia causal son relevantes, y también cuando se considera que la evidencia empírica está “cargada de teoría” (*theory ladenness*). En este sentido, entonces, Kevin Kelly se ubica junto a una mayoría de investigadores en Inteligencia Artificial que sostienen que el estudio del descubrimiento científico no sólo es posible sino necesario. Entre éstos se encuentran H.A. Simon, Pat Langley, Paul Thagard, y muchos más dentro del campo.

Sin embargo, y a pesar de este acuerdo parcial entre K. Kelly y los investigadores en IA, es importante no confundirlos. Kelly pertenece a otra línea de investigación, centrada más bien en la epistemología y la filosofía. El trasfondo fundamentalmente filosófico de su trabajo se hace evidente, por ejemplo, cuando señala (en pág. 3) que “la perspectiva confiabilista lógica sobre el método científico ha gozado de una larga historia.” A continuación alude al *Menón* de Platón donde éste “parece asumir que la investigación debe estar lógicamente garantizada de terminar con certeza de que su respuesta es correcta” (*ibid.*). Esta demanda de finalizar con certeza en una respuesta correcta es una demanda impuesta sobre la confiabilidad de la investigación y sobre los métodos en ella empleados. Constituye, en verdad, un criterio de éxito y, por tanto, un criterio de confiabilidad posible entre muchos otros. Pero este criterio es un criterio bastante estricto. Sin embargo, parece haber sido el patrón de confiabilidad dominante durante más de dos mil años. Kelly señala a los escépticos antiguos (como Sexto Empírico), Descartes, Hume y Kant, como filósofos que adhirieron a esta versión estricta de confiabilidad.

Pero hay otros criterios de confiabilidad posibles. Por ejemplo:

la indagación [tal como propuso Peirce] puede converger a la verdad sin proporcionar un signo claro de haberlo realizado.²

Es decir, es posible confiar en un método que converge a la verdad y que se adhiere a ella pero que no nos entrega una señal explícita de que ha hallado la verdad. Lo que tenemos ahora es un caso de convergencia a la verdad pero sin la certeza mencionada por Platón y los filósofos posteriores. En caso de aceptar a métodos de esta clase dentro de nuestros patrones de investigación estaremos dando lugar, en realidad, a un nuevo criterio de confiabilidad, menos estricto que el anterior, y precisamente esto es lo que pretendía Peirce. El desarrollo del estudio de estos nuevos criterios de confiabilidad, en conjunción con el desarrollo de nuevas técnicas formales aparecidas a lo largo del siglo, culmina con la *teoría formal del aprendizaje* y su aplicación en la lógica de la indagación confiable.

Desde la perspectiva de la confiabilidad lógica, entonces, se trata de juzgar si el método empleado en una situación científica dada está garantizado de arribar a un resultado correcto en relación con los supuestos básicos admitidos por adelantado. Sin embargo, estos análisis pueden ser realizados tanto para los métodos de evaluación de teorías como también para los de descubrimiento, puesto que es posible determinar la confiabilidad de un método de descubrimiento que debe identificar una hipótesis correcta sobre la base de la estructura de los datos disponibles y los supuestos básicos admitidos. Lo que se obtendrá, en general, es una jerarquía de problemas clasificados según el orden de solubilidad, y a partir de ello, una jerarquía de criterios de confiabilidad aplicables a los casos de descubrimiento científico, en todo análoga a las respectivas jerarquías construidas para la evaluación de teorías. Por consiguiente, podrá haber una diferencia de grado entre descubrimiento y evaluación de teorías en lo que respecta a la complejidad y dificultad del análisis, pero no una distinción nítida entre ambos tipos de métodos que justifique la exclusión de los métodos de descubrimiento de la epistemología. Es más, Kelly afirma que, en algunos casos, en realidad, la tarea de descubrimiento científico puede llegar a ser más fácil que la de evaluación de teorías.

Kelly se encarga, en particular, de analizar y criticar la propuesta de Popper basada en conjeturas y refutaciones. Con el arsenal lógico desarrollado a lo largo del tratado es posible representar la arquitectura de descubrimiento propuesta por Popper, y también demostrar cuáles son sus limitaciones. A su vez, esto da lugar a la enunciación de cómo superar esas limitaciones, en cada uno de los paradigmas de confiabilidad considerados; o, en caso negativo, también se puede demostrar que ningún método constituye una solución confiable para un problema dado. En el primer caso, además, la solución de un problema en un paradigma dado llevará, a su vez, a la explicitación de la forma de procedimiento del método exitoso, lo cual debería interpretarse como una regla a seguir en alguna situación concreta dada. A veces, la mayoría de las veces en realidad, la solución es proporcionada a través de varios métodos que trabajan conjuntamente, sirviendo las salidas de unos como entradas para otros. En muchos de estos casos se combinan métodos de descubrimiento (generadores de hipótesis) con métodos de evaluación de hipótesis de diferentes tipos. Si una de estas soluciones es demostrada como solución a todos los problemas que caen bajo un criterio dado, entonces lo que se obtiene es una "arquitectura completa para el descubrimiento". En la terminología de Kelly, una *arquitectura* inductiva es una receta para construir métodos confiables, y es *completa* cuando todo problema soluble bajo un criterio dado es soluble por un método construido según las especificaciones brindadas por esa arquitectura. En general, la existencia de una arquitectura completa deberá ir acompañada de una demostración formal. En tal caso, si podemos identificar una situación empírica real que se ajuste a una caracterización tal, para la cual hemos obtenido una arquitectura completa, entonces podríamos construir en forma concreta tal solución. Sin embargo, la identificación de situaciones empíricas tales no es en absoluto fácil, y mucho trabajo queda aún por ser realizado en tal dominio.

La crítica de H.A. Simon

Mencionaré sólo algunas observaciones críticas efectuadas por H.A. Simon con el objeto de realizar, al final, una ponderación del trabajo de Kevin Kelly, sin entrar, en absoluto, en una

exposición del trabajo realizado por Simon y su grupo con respecto al tópico del descubrimiento científico.³

Simon considera a la Inteligencia Artificial misma como una empresa *científica* más, según el sentido que adjudica a esta expresión, es decir, como un proceso de desarrollo de hipótesis que luego se buscan verificar por medio de la investigación empírica. Considera, además, que en la base de toda disciplina científica se encuentran "Leyes de Estructura Cualitativa" (LEC), que son enunciados generales que caracterizan la naturaleza esencial de los sistemas bajo estudio (como ilustración podemos citar a la Doctrina de la Célula en biología). Sólo a partir de estas LEC puede ser desarrollado un conocimiento científico más detallado.

Estas LEC no pueden ser derivadas formalmente de otras premisas. Son meras hipótesis de trabajo que son adelantadas y testeadas empíricamente, y que pueden dar lugar a ulterior desarrollo de conocimiento. A pesar de que al principio no pueden ser tratadas formalmente (lógicamente), no se niega, sin embargo, que en etapas posteriores la formalización pueda llegar a ser alcanzada.

En gran medida, esta estrategia científica está dictada por las limitaciones computacionales mismas tanto de humanos como de máquinas. Carecemos de algún sistema (natural o artificial) que pueda examinar todos los nodos de un árbol con crecimiento exponencial en forma exhaustiva y en un instante de tiempo. Estas limitaciones computacionales imponen ciertas restricciones, que se traducen en la metodología de carácter empírico y pragmático de considerar solamente aquellas hipótesis generales que parecen más plausibles, para someterlas a verificación empírica. Sólo a partir de aquí es posible un desarrollo ulterior del conocimiento científico. Y, en general, el criterio de evaluación de hipótesis no busca encontrar las soluciones óptimas para cada caso, sino tan sólo "buenas" hipótesis, "buenas" soluciones (ya que la empresa científica en conjunto es vista por Simon como un caso más de solución de problemas). Esto marca el carácter empírico y pragmático de su trabajo en IA y, en particular, en cuanto al tópico del descubrimiento científico. El desarrollo de teorías estructuradas y formalizadas (lógica y matemáticamente) sólo puede ser realizado en una etapa muy posterior de la indagación, después que una gran cantidad del *corpus* científico de una disciplina ha sido desarrollado. Gran parte del trabajo científico previo consiste en la solución de pequeños problemas locales, dentro de un marco general de trabajo (dado por las LEC aceptadas en un principio). Y, además, frecuentemente estos problemas locales son resueltos meramente por ensayo y error, esto es, modificando ligeramente algunos parámetros y verificando empíricamente su adecuación. Sólo después que una solución general ha sido alcanzada puede estar el terreno listo para ser formalizado y estructurado en una teoría. Sin embargo, aún así, muchas de esas soluciones no pueden ser expresadas, según palabras de Simon, en "forma cerrada", es decir, por medio de teoremas lógicos o matemáticos deducibles de axiomas.

Simon ha declarado que él ha tenido escaso interés en demostrar teoremas acerca del tópico del descubrimiento científico. Sin embargo, sí ha tenido gran interés en investigar el tema.⁴ Pero esta investigación no ha estado encaminada a demostrar teoremas acerca de la confiabilidad o garantía de éxito de ciertos algoritmos, sino más bien a diseñar empíricamente tales algoritmos y a demostrar, empíricamente, la suficiencia de ciertos procesos heurísticos para conseguir descubrimiento científico con cantidades modestas de computación.⁵

Según Simon, entonces, los casos de descubrimiento científico exhiben, en general, un alto grado de complejidad computacional, que contrasta fuertemente con las limitadas capacidades computacionales de humanos y máquinas (y de humanos ayudados por máquinas). Y, debido a ello, sólo una aproximación empírica y pragmática al descubrimiento científico puede ser posible en las etapas iniciales de la investigación de este tópico.

Una evaluación de la lógica de la indagación confiable de Kevin Kelly

Teniendo en cuenta esta crítica recién esbozada, es posible realizar una ponderación de la lógica de la indagación confiable de Kevin Kelly; en particular, en lo que concierne a la consideración del descubrimiento científico.

En primer lugar, creo importante señalar que hay cierta ambigüedad en el punto de disputa, puesto que bajo el título común de “descubrimiento científico” se esconden, en realidad, dos temas diferentes: por un lado, los criterios para evaluar métodos de descubrimiento; y, por otro, el diseño, sea de carácter lógico o de carácter empírico, de métodos y algoritmos de descubrimiento científico. Sin embargo, no deberíamos considerar a ambos temas como absolutamente separados, ya que la posición que se adopte en uno de estos puntos repercutirá inexorablemente en el otro. Son temas estrechamente relacionados entre sí, y esto puede corroborarse, incluso, por el hecho de que ambos tópicos son tratados por ambos autores de manera complementaria. Dicha ambigüedad, a su vez, puede originarse en la ambigüedad misma de la expresión “lógica del descubrimiento”, utilizada y defendida tanto por Simon como por Kelly.

En cuanto al diseño concreto de algoritmos y métodos de descubrimiento, realmente es difícil ver cómo se puedan deducir lógicamente a partir de la mera consideración de criterios de evaluación de confiabilidad. En este sentido, sólo Simon (y no Kelly) ha construido algoritmos que efectúan esta tarea, y tal construcción ha sido efectuada, como él señala, de manera empírica y pragmática. Al tratar los métodos de descubrimiento, Kelly sólo se limita a representarlos abstractamente como “generadores de hipótesis”. Éstos son considerados como “cajas negras”, cuya única tarea parece ser la de enumerar y ordenar las hipótesis disponibles a partir de un conjunto ya dado. Sin embargo, como señala Simon, la generación de hipótesis no es una tarea trivial y, más aún, tal como lo refleja la práctica científica real (y su propio trabajo empírico), ni siquiera se trata de generar todas las hipótesis posibles para una situación problemática dada, sino tan sólo algunas (y a veces sólo una) que parezcan plausibles. En este respecto, entonces, las observaciones provenientes de la aproximación de carácter empírico toman valor como crítica concreta a la lógica del descubrimiento confiable de Kelly, sugiriendo, incluso, algunas revisiones a su esquema, por demás abstracto, de los procesos científicos.

Por otro lado, Kelly ha sido un agudo crítico del trabajo realizado en IA, en particular en cuanto a la consideración de los criterios con que se evalúan los algoritmos desarrollados en este campo. Él señala (y Simon podría aceptar esta crítica) que, en general, cada nuevo algoritmo es confrontado tan sólo ante unos pocos ejemplos. Sin embargo, no bastaría tampoco la confrontación ante muchos ejemplos, sino que lo ideal es, más bien, que la evaluación se realice teniendo en cuenta diferentes tipos de situaciones. Así, un método que funciona adecuadamente en el largo plazo pero que es defectuoso en el breve plazo, puede ser defendido frente a un método rival que brinda resultados aceptables sólo en el corto plazo. Toda la lógica de la indagación confiable de Kevin Kelly es un desarrollo minucioso del

tópico de la confiabilidad y de los criterios de evaluación de métodos en general y, como tal, tiene mucho que aportar a la práctica científica, incluyendo a la IA.

Finalmente, la propuesta de diseños de "arquitecturas completas de descubrimiento" de Kelly, si bien aparecen enunciadas de manera por demás general y abstracta, y están sujetas a las críticas arriba señaladas, pueden servir para construir efectivamente algoritmos y métodos de descubrimiento mucho más potentes que los existentes actualmente. En este sentido, el uso de herramientas formales más ricas, como las utilizadas por Kelly en su obra, parece ya una necesidad para el estado actual de la investigación. Y quizás sea en la implementación efectiva misma de las "arquitecturas de descubrimiento" de Kelly donde ambos estilos de investigación, empíricos y formales, puedan encontrarse.

Notas

* Este trabajo fue realizado en el marco del proyecto "El descubrimiento científico desde la perspectiva de las reglas heurísticas", que dirige el prof. Victor Rodriguez, subsidiado por Secyt-UNC, CONICOR, y FONCYT.

¹ Op. cit., p. 3 (mi traducción).

² Ib., p. 3 (mi traducción).

³ Al respecto, debe consultarse: Langley *et al.* (1987) y los trabajos allí citados.

⁴ Cf. Simon (1990), p. 128.

⁵ Cf. ib., p. 127.

Bibliografía

Kelly, Kevin, *The Logic of Reliable Inquiry*, Oxford University Press, New York, 1996.

Kelly, Kevin, "Effective Epistemology, Psychology, and Artificial Intelligence", en *Acting and Reflecting, The Interdisciplinary Turn in Philosophy*, Wilfried Sieg (ed.), Kluwer, Dordrecht, 1990, 115-126.

Langley, Pat; Simon, Herbert A.; Bradshaw, Gary L.; and Zytkow, Jan M., *Scientific Discovery, Computational Explorations of The Creative Processes*, MIT Press, 1987.

Newell, Allen; and Simon, Herbert A., "Computer Science as Empirical Inquiry: Symbols and Search", *Communications of the ACM*, 19 (3), 1976, 113-126.

Simon, Herbert A., "Epistemology: Formal and Empirical", en *Acting and Reflecting, The Interdisciplinary Turn in Philosophy*, Wilfried Sieg (ed.), Kluwer, Dordrecht, 1990, 127-128.

Simon, Herbert A., "Artificial Intelligence: an Empirical Science", manuscrito (26 July 1993), Carnegie Mellon University.

Simon, Herbert A., "Artificial Intelligence: an Empirical Science", manuscrito (26 January 1994), Carnegie Mellon University.