

Heurísticas y Metodología de la Ciencia^a

S E R G I O H . M E N N A *

FECHA DE RECEPCIÓN: 16/04/2013; FECHA DE APROBACIÓN: 10/12/2013

RESUMEN: El término ‘heurística’ se utiliza para designar a las reglas y criterios metodológicos que tienen cualidades creativas. Un problema de este término, es que se aplica a una gran cantidad y variedad de reglas o principios de acción, y en áreas muy diferentes. El principal objetivo de este artículo es distinguir un sentido *lato* y un sentido *stricto* del término ‘heurística’, y defender que *sólo las heurísticas en sentido stricto pueden ser consideradas parte de una metodología de la ciencia*.

PALABRAS CLAVE:

- Heurística
- *Ars inveniendi*
- Metodología científica
- Ciencia
- Polya

Heuristics and Methodology of Science

ABSTRACT: The term ‘heuristic’ is used to refer to the methodological rules and criteria that have creative qualities. However, there is a problem with this term. It is applied to a large number and variety of rules or principles of action, and in many different areas. The main objective of this article is to distinguish a broad sense and a strict sense of the term ‘heuristic’, and argue that *only the heuristics in strict sense can be considered part of a methodology of science*.

KEYWORDS:

- Heuristic
- *Ars inveniendi*
- Scientific Methodology
- Science
- Polya

^a Este artículo es parte de las actividades desarrolladas en un Proyecto de investigación con apoyo de Fapitec/ SE y de un Proyecto de investigación con apoyo del Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.

* Profesor Asociado Universidad Federal de Sergipe, Brasil. Investigador FAPITEC/SE. Doctor en Filosofía (UNC, Argentina, 2000). Doctor en Filosofía (Unicamp, Brasil, 2011). Premio Capes 2012 de Tesis. Pos-doctorado en España (UV, 2000-1; UV, 2008) y Argentina (CONICET, 2001-3; UNC, 2009).

Vivimos por obra y gracia de la invención, y nuestras esperanzas de futuro se depositan en ella [...]. Por eso deberíamos examinar con sumo cuidado la naturaleza de los procesos creativos.

Norbert Wiener

1. Consideraciones iniciales

Algunos autores contemporáneos están intentado recuperar una disciplina prácticamente olvidada: la *heurística* o *ars inveniendi*. ‘Heurística’ (*heuristiké*) es un término de raíz griega que significa ‘ayudar a encontrar’, y con el mismo se designa a las orientaciones y criterios que tienen cualidades creativas. Un problema frecuente con el que se encuentra el lector cuando consulta textos sobre heurísticas, es que con el término ‘heurística’ se designa a gran cantidad y variedad de reglas o principios de acción, y para áreas muy diferentes.

El principal objetivo de este artículo es distinguir un sentido *lato* y un sentido *stricto* del término ‘heurística’, y defender que *sólo las heurísticas en sentido stricto pueden ser consideradas parte de una metodología de la ciencia*.

2. Breve historia de las heurísticas

Las fuentes de la invención son más importantes que las invenciones mismas, y por eso merecen ser investigadas.

Gottfried Leibniz

Tradicionalmente, la metodología, además de reglas inferenciales, *contenía reglas heurísticas*. ‘Análisis y síntesis’, ‘*compositio* y *resolutio*’, ‘ascenso y descenso’, ‘invención y crítica’, ‘heurística y prueba’, etcétera, fueron diferentes denominaciones con las que se demarcó en muchas tentativas de construcción de conocimiento entre una etapa heurística –inventiva, formativa– y una evaluativa. Leibniz, por ejemplo, distinguió entre un *ars inveniendi* y un *ars judicandi*. Para él, el *ars inveniendi*, en ocasiones denominado ‘retórica’, o ‘dialéctica’, o, principalmente, ‘heurística’, se ocupaba de la parte *creativa* de la metodología. El *ars judicandi* –un conjunto de reglas “del juzgar o demostrar”– conformaba “la parte analítica” de la misma.¹

Los metodólogos y filósofos logicistas de principios del siglo pasado, interesados en evaluar productos cognitivos *acabados*, sobre la base de la distinción ‘descubrimiento y justificación’ adoptaron solamente la parte analítica y evaluativa de la metodología tradicional. De este modo, el interés en las heurísticas fue abandonado durante gran parte del siglo XX. En las últimas décadas, sin embargo, han comenzado a llevarse a cabo investigaciones sobre heurísticas, fundamentalmente en el campo de la psicología cognitiva y en el de la inteligencia artificial.² Aunque en el campo de la filosofía de la ciencia este desarrollo es más lento, las heurísticas están comenzando a ser nuevamente valorizadas. Esta valoración es tal, que algunos autores hablan, inclusive, de un ‘giro heurístico’ de la filosofía de la ciencia.³

Como ya indiqué, la metodología, tradicionalmente, contenía reglas inferenciales y reglas heurísticas.⁴ Las heurísticas tradicionales eran un conjunto de estrategias o principios generales que pretendían ser preceptivas para ámbitos tan dispares como el discurso político, el poético y el matemático, o incluso para el romántico o el bélico. Valían sobre todo como consejos; eran más bien un inventario de ejemplos y experiencias y, como tal, contemplaban la contradicción sin aspirar a dirigir infaliblemente el ingenio. Pueden encontrarse elementos heurísticos en textos como el *De la invención* de Cicerón, el *Arte Poética* de Horacio, las *Colecciones* de Pappus, algunas obras de Aristóteles, los tratados de retórica y, en general, en cualquier *Arte* –es decir, en toda obra que dé consejos generales de acción, tales como *El arte del amor* de Ovidio o *El arte de la guerra* de Sun Tzu–.

En el Renacimiento, el éxito de las heurísticas en resolver problemas –especialmente en el campo de las matemáticas–, llevó a la creencia de que toda clase de saber podía ser alcanzado con el empleo de métodos similares. De este modo, el conocimiento del mundo natural comenzó a ser concebido como un *arte de lo soluble*; es decir, como el resultado de decisiones claramente limitadas y factibles

¹ Gottfried Leibniz, “On the Art of Combination”, en G. Parkinson (ed.), *Leibniz: Logical Papers*, Clarendon Press, Oxford, [1666] 1966, pp. 1-11.

² Es curioso, cabría acotar, que una disciplina cultivada durante muchos siglos por la tradición humanista haya sido rescatada por una tradición en principio completamente antagónica.

³ El ‘giro’ heurístico –o, más apropiadamente, el ‘regreso’ de concepciones heurísticas, fuertemente presentes en procedimientos antiguos, medievales y renacentistas– es compatible con –y complementario de– los numerosos ‘giros’ (y ‘regresos’) con los que, en las últimas décadas, se ha caracterizado a la filosofía de la ciencia contemporánea –‘*turns*’ y ‘*returns*’ cognitivos, procedimentales, naturalistas, históricos, sociológicos, psicológicos, retóricos, axiológicos, lingüísticos, etcétera.

⁴ Wertheimer, por ejemplo, considera a las heurísticas de Buridán, Llull y Jevons como parte de una “metodología de la lógica tradicional”. Max Wertheimer, *Pensamiento productivo*, Paidós, Barcelona, [1945] 1991, p. 22, n8; Lisa Jardine, *Francis Bacon, Discovery and the Art of Discourse*, Cambridge University Press, Cambridge, 1974; Larry Laudan, *Science and Hypothesis*, Reidel, Dordrecht, 1981, pp. 1-5.

de explicitar, y no como el producto de un especial estado creativo de una inaccesible mente individual.⁵

Esta concepción llegó a su máxima expresión con la Revolución científica del siglo XVII. A comienzos de este siglo, varios autores expresaron su convencimiento de que las imprecisas estrategias de invención que conformaban las *ars inveniendi* podían ser formalizadas y estructuradas de modo tal que pudieran conducir infaliblemente al descubrimiento.⁶ Descartes y Leibniz son los principales autores modernos que formularon este proyecto de modo explícito.⁷ Nace así el *ideal* de construir una *lógica del descubrimiento*, un conjunto de reglas precisas factibles de ser aplicadas de manera *mecánica*. (Aunque este ideal mecánico de método nunca fue alcanzado en el ámbito de descubrimiento, los filósofos de la posteriormente denominada ‘concepción heredada’ siglos más tarde lo retomaron para la *lógica de la justificación*).

A pesar de su antiguo origen, todos los intentos de construcción de sistemas heurísticos, por distintos motivos, han sido aislados y esporádicos. No obstante la fuerza que la empresa del descubrimiento adquirió en los albores de la Revolución científica, ya en el siglo XVIII factores, muy diversos –‘metodológicos’ como el desarrollo de procedimientos consecuencialistas de justificación⁸ o ‘ideológicos’ como el mito de genio creador–⁹ conspiraron contra la elaboración de una taxonomía o de un catálogo ordenado de reglas o guías de descubrimiento. Por otro lado, tampoco está claro qué clase de ‘reglas’ debieran formar parte de una heurística, o cuál es la precisión con que éstas deben ser formuladas. Prueba de esta indefinición es que el término ‘heurística’ se usa de muchas maneras. Como opuesto a *algorítmico* o *mecánico*,¹⁰ como opuesto a *infalible*,¹¹ o como opuesto a *epistémico*.¹² Aunque todos estos conceptos están muy relacionados, *no son* necesariamente equivalentes. Bajo una combinación de estas concepciones muchísimos autores contemporáneos tales como (el segundo) Lakatos o Musgrave, usan el término ‘heurística’ como sinónimo de ‘valores’ o ‘criterios’. Actualizando las palabras de Polya¹³ –autodenominado autor de una “heurística moderna”–, podemos decir que la heurística es, aún hoy, un arte o ciencia “bastante mal definida”.

3. Hacia una caracterización de ‘heurística’

La taxonomía sin teoría es ciega.
Hilary Putnam

Una definición exhaustiva y actualizada de ‘heurística’ debe ser sensible a las investigaciones llevadas a cabo en disciplinas empíricas como la psicología cognitiva, la inteligencia artificial o la historia de la ciencia. Por lo tanto, pospongo necesariamente la tarea de dar una caracterización

precisa hasta que sea posible articular una taxonomía inicial atendiendo a los aportes de esas disciplinas. Entretanto, utilizaré como guía provisoria de selección de heurísticas la siguiente definición, amplia e intuitiva, pero que conserva el sentido originario del término: *heurística es todo elemento que ayuda al investigador en la tarea de resolver problemas –ya sean éstos los de construir una hipótesis o los de evaluar las diferentes etapas de construcción de una hipótesis–*.

4. De la obtención de heurísticas

Polya nos da algunas heurísticas de utilidad a la hora de enfrentar el problema de identificar y recolectar heurísticas: no se debe descuidar ninguna fuente de información; se debe tener en cuenta tanto el trasfondo lógico como el psicológico de nuestras actividades de resolución de problemas; hay que prestar especial atención a las operaciones mentales típicamente útiles del proceso de solución; hay que observar tanto los propios procedimientos como los de las demás personas.¹⁴ Wertheimer,¹⁵ por su parte, realiza entrevistas personales a personas creativas. Newell y Simon,¹⁶ a su vez, estudian a personas comunes mientras éstas intentan resolver problemas simples, posteriormente,

⁵ A. C. Crombie, “Science and the Arts in the Renaissance: the Search for Truth and Certainty, Old and New”, en *History of Science*, 18, 1980, pp. 233-46.

⁶ Henry Guerlac, “Newton and the Method of Analysis”, en P. Wiener (ed.), *Dictionary of the History of Ideas: Studies of Selected Pivotal Ideas*, 4 volúmenes, Charles Scribner’s Sons, N.Y., [1968], 1973, pp. 379-87.

⁷ Francis Bacon es frecuentemente incorporado en la lista de autores modernos que buscaron un arte infalible del descubrimiento, pero esta idea puede ser fuertemente cuestionada. Sergio Menna, “Heurísticas Baconianas”, en *Estudios Filosóficos*, 60, 2011, pp. 91-102.

⁸ Larry Laudan, “Why Was The Logic of Discovery Abandoned?”, en Larry Laudan, [1980]1981, pp. 181-91.

⁹ Simon Schaffer, “Scientific Discoveries and the End of Natural Philosophy”, en *Social Studies of Science*, 16, 1986, pp. 387-420.

¹⁰ Herbert Simon, “Does Scientific Discovery Have a Logic?”, en *Philosophy of Science*, 40, 1973, pp. 471-80.

¹¹ George Polya, *Cómo plantear y resolver problemas*, Trillas, México, [1957] 1995.

¹² Larry Laudan, *Science and Hypothesis*, Reidel, Dordrecht, 1981.

¹³ Polya, George, *op. cit.*, p. 101.

¹⁴ *Ibid.*

¹⁵ Max Wertheimer, *Pensamiento productivo*, Paidós, Barcelona, [1945] 1991.

¹⁶ A. Newell y H. Simon, *Human Problem Solving*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1972.

generalizan y formalizan sus protocolos, y los ponen a prueba mediante su implementación en programas de computación (el supuesto que subyace a esta estrategia es que el razonamiento científico es una clase de razonamiento de resolución de problemas que sólo difiere en *grado* del razonamiento cotidiano. Según la teoría desarrollada por estos autores, al intentar resolver problemas los sistemas cognitivos (sean hombres comunes o científicos expertos) realizan una *búsqueda* mental en la que emplean reglas de

tanteo –heurísticas– para hacer más eficiente la búsqueda. Kleiner¹⁷ y Lugg¹⁸ analizan diarios y libros de científicos famosos, tales como Darwin o Kepler. Hadamard¹⁹ analiza qué actividades realizaron los matemáticos antes de resolver un problema de manera inconsciente;²⁰ Buchdahl²¹ y otros filósofos e historiadores de la ciencia buscan identificar reglas de investigación en la historia de la ciencia; Polya²² llega a recurrir, incluso, a libros de proverbios.

Como podemos observar, las fuentes pueden ser muchas y diversas: libros, autobiografías, diarios científicos, entrevistas, monitoreo de investigaciones, etcétera.

5. Primer paso hacia una taxonomía de heurísticas

El primer comienzo es la parte más difícil.
Proverbio griego

Hay muchas clases de candidatos a heurísticas. En muchas ocasiones, se califica a algún fenómeno, o proceso, o indicación, de ‘heurístico’ –queriendo con eso significar que éste tiene cualidades creativas–, aunque el mismo no tenga ninguna posibilidad de ser *metodológicamente enunciado o implementado*. Este es el caso, por ejemplo, de los fenómenos aludidos con las expresiones “fantasía heurística”²³ y “sueño heurístico”. Darvas, por ejemplo, indica que el químico sueco Kekulé fue ayudado en su búsqueda de una representación química adecuada para la molécula del benceno gracias a un “sueño heurístico (*heuristic dream*)”.²⁴ Definiré a esta clase de ‘heurísticas’ –a mi entender, metodológicamente *ilegítimas*– como ‘heurísticas en sentido amplio’ o ‘en sentido lato’.

Existen, sin embargo, otras clases de elementos también denominados ‘heurísticos’, que, a mi parecer, son metodológicamente más interesantes, y que pueden ser candidatos a la calificación de ‘heurísticas en sentido *stricto*’, es decir, en sentido metodológico. Nagel,²⁵ concede rol heurístico a las hipótesis, porque las mismas sugieren experimentos y leyes experimentales; Hempel²⁶ caracteriza a las “consideraciones teleológicas” como “recursos heurísticos”; Kantorovich,²⁷ por ejemplo, considera que “las concepciones metafísicas [...] sirven como heurísticas para el descubrimiento, [porque] proveen a la ciencia con un repertorio de ideas para construir teorías”; para Zahar,²⁸ igualmente, los “principios metafísicos” y “los hechos a explicar” también tienen un rol heurístico, dado que limitan la generación de hipótesis; para Holton,²⁹ criterios no-empíricos como los de simplicidad y analogía sirven de guía heurística; para Shapere³⁰ “las ideas y métodos de eficiencia probada alcanzan, al menos temporariamente, el estatuto de principios guías, determinando el rumbo que debe tomar la ciencia”;

¹⁷ Scott Kleiner, “Problem Solving and Discovery in the Growth of Darwin’s Theories of Evolution”, en *Synthese*, 47, 1981, pp. 119-62.

¹⁸ Andrew Lugg, “The Process of Discovery”, en *Philosophy of Science*, 52, 1985, pp. 207-20.

¹⁹ Jacques Hadamard, *Psicología de la invención en el campo matemático*, Espasa-Calpe, 1947.

²⁰ En un apéndice Hadamard transcribe una encuesta a matemáticos que la revista *L’Enseignement Mathématique* diseñó sobre el método heurístico de trabajo en matemáticas. Formas similares de obtención de reglas pueden encontrarse en otras disciplinas. Jacques Hadamard, *op cit.* Por ejemplo, la serie *El taller del escritor* editada por El Ateneo, en la que renombrados poetas y escritores reflexionan acerca de sus propios mecanismos creativos.

²¹ Gerd Buchdahl, “History of Science and Criteria of Choice”, en R. Stuewer (ed.), *Historical and Philosophical Perspectives of Science*, University of Minnesota Press, Minneapolis, 1970, pp. 204-45.

²² George Polya, *Cómo plantear y resolver problemas*, Trillas, México, [1957] 1995.

²³ Marcos Francisco Martins, *Marx, Gramsci e o conhecimento: Ruptura ou continuidade?*, Autores Asociados, Campinas, 2008, p. 139.

²⁴ Recordemos el problema de Kekulé: él enfrentaba la compleja tarea de encontrar una representación química adecuada para la molécula de benceno. Una tarde, de acuerdo a su propio relato, soñó con átomos “que saltaban ante sus ojos formando un anillo que se cerraba en sí mismo, a semejanza de una serpiente que muerde su propia cola”. Alan Rocke, “Hypotesis and Experiment in the Early Development of Kekulé’s Benzene Theory”, en *Annals of Science*, 42, 1985, pp. 355-81. György Darvas, *Symmetry: Cultural-historical and Ontological Aspects of Science-Arts Relations*, Verlag, Berlín, 2007, p. 238.

²⁵ Ernest Nagel, *La estructura de la ciencia*, Paidós, [1961] 1968, pp. 92-3.

²⁶ Carl Hempel, *Aspects of Scientific Explanation*, Free Press, N.Y., 1965.

²⁷ Aharon Kantorovich, *Scientific Discovery: Logic and Tinkering*, State University of New York Press, Albany, 1993, pp. 59-60.

²⁸ Elie Zahar, “Why Did Einstein’s Programme Supersede Lorentz’s?”, en *Brit. J. Phil. Sci.*, 24, 1973, pp. 95-123, 223-62.

²⁹ Gerald Holton, “La construcción de una teoría: el modelo de Einstein”, en Gerald Holton, *La imaginación científica*, F.C.E., México, [1973] 1989, pp. 36-63.

³⁰ Dudley Shapere, “Significado y cambio científico”, en I. Hacking (ed.), 1985, pp. 58-115.

Buchdahl³¹ considera a los “componentes explicativos” como ‘uniformidad’, ‘analogía’, ‘continuidad’, etcétera, “componentes arquitectónicos”, porque también son útiles para la “construcción” de hipótesis; Gigerenzer³² entiende que “nuevos instrumentos científicos [analíticos como la estadística, o físicos como el microscopio electrónico]” son “heurísticas que generan nuevas ideas”, porque “sugieren nuevas metáforas y conceptos teóricos”; Körner³³ dice que “los principios metafísicos regulativos” (como opuestos a los especulativos) son principios heurísticos para la construcción de teorías científicas; van Fraassen³⁴ entiende que la experimentación tiene un rol heurístico “para proseguir o culminar la construcción” de una hipótesis; incluso los filósofos analíticos, quienes niegan a la *verstehen* cualquier función en la justificación, le conceden un rol heurístico en la construcción.

En la diversidad de ejemplos mencionados se puede apreciar que los ‘elementos’ con capacidad heurística *son muy variados*: taxonomías, concepciones metafísicas, hipótesis, hechos a explicar, instrumentos científicos, experimentos... Sin embargo, en el caso de aquellos que consideré ‘heurísticos’ en sentido *stricto*, esta diversidad es sólo aparente, ya que pueden ser formulados como indicaciones metodológicas. Ruse,³⁵ por ejemplo, considera a la selección artificial una “guía heurística” para la selección natural, es decir, alude a un ‘hecho’ heurístico. Pero, evidentemente, la selección artificial sólo es un ‘hecho heurístico’ si existe un ‘criterio heurístico’—en este caso, una analogía— que la vincule con la solución potencial al problema de explicar la dinámica de la evolución. En otras palabras, los elementos que aquí presento como ‘estrictamente heurísticos’—en oposición a los heurísticos en sentido *lato*— pueden ser implementados *metodológicamente*.

Ya sea por su diversidad o por su similitud, antes de hacer una taxonomía de heurísticas o antes de elaborar una definición, es necesario eliminar aquellos elementos que no reúnen las condiciones básicas que un aspirante a ‘elemento heurístico’ debiera satisfacer.

6. Heurísticas en sentido *lato*

Una taxonomía y una definición deben apoyarse mutuamente, sin perder extensión la primera ni significatividad la segunda. A fin de lograr este equilibrio, trataré de unificar—y eliminar— a algunos de los candidatos ilegítimos—i.e., *latos*— por sus rasgos más comunes, agrupándolos en categorías según su función. Así, en la sección siguiente analizaré ‘reglas’ heurísticas que denominaré ‘motivacionales’, ‘circunstanciales’, ‘restrictivas’, etc., *intentando explicar por qué no pueden ser incluidas dentro de una metodología de la ciencia*.

6.1. Las ‘reglas’ circunstanciales y actitudinales

¿Dónde brota el destello, la chispa? ¿Cuáles son las condiciones y las actitudes favorables o desfavorables para sucesos tan notables?

Max Wertheimer

Algunos autores estudian las condiciones presentes en eventos creativos y las disposiciones que adoptan las personas creativas en esa clase de eventos. Otros autores van más lejos, y tratan de replicar o aconsejar estas situaciones y actitudes a fin de inducir o posibilitar o facilitar logros creativos. A continuación, analizaré algunos ejemplos de las clases de ‘reglas’ formuladas en función de esas consideraciones.

Las ‘reglas’ circunstanciales I

El baño, la cama, el autobús: este trío resume lo que las personas creativas nos han dicho acerca de cómo encontraron sus ideas.

Margaret Boden

Esta clase de ‘reglas’ sugiere recrear circunstancias que supuestamente estuvieron presentes en episodios históricos de descubrimiento y creatividad.

Leí, no recuerdo dónde, acerca de un escritor francés que renunció a su herencia para alcanzar la ‘riqueza creativa’ de escritores económicamente empobrecidos como Dostoievsky. La historia seguramente es falsa, y en cualquier caso este escritor difícilmente se hubiese beneficiado de la lectura de la taxonomía que estamos buscando, pues evidentemente carecía totalmente de la capacidad de estimar valores o criterios creativos. Ni Marcel Proust, ni Bioy Casares, ni una multitud de escritores afortunados perdieron su talento por conservar su fortuna. Y dudo que el mencionado escritor francés, de haber realmente existido,

³¹ Gerd Buchdahl, “History of Science and Criteria of Choice”, en R. Stuewer (ed.), *Historical and Philosophical Perspectives of Science*, University of Minnesota Press, Minneapolis, 1970, pp. 204-45.

³² Gerd Gigerenzer, “Discovery in Cognitive Psychology: New Tools Inspire New Theories”, en *Science in Context*, 5, 1992, pp. 329-50.

³³ Stephan Körner, *Experience and Theory*, Routledge & Paul Kegan Paul, N.Y., 1966.

³⁴ Bas van Fraassen, *La imagen científica*, Paidós, México, [1980] 1996, p. 98.

³⁵ Michael Ruse, “Ought Philosophers Considerer Scientific Discovery?”, en T. Nickles (ed.), *Scientific Discovery: Case Studies*, Reidel, Dordrecht, 1980, pp. 131-49.

haya logrado una obra trascendente siguiendo una ‘regla’ tan simple y restrictiva. (Es curioso, habría que acotar, la sobrevaloración que las interpretaciones románticas hacen de todo tipo de carencia. La mayoría de las viejas biografías de Chopin, por ejemplo, nos cuentan que el pequeño Frederic tuvo una infancia traumática, dolorosa y triste. ¿Qué otra infancia podría tener quien llegó a ser el paradigma de los músicos románticos? Sin embargo, nuevos estudios de los primeros años de este compositor, avaladas por una abrumadora cantidad de material original, entre ellos cartas de sus padres y hasta notas de mismo Chopin, nos lo muestran como un niño feliz y amado por los suyos).

Las ‘reglas’ circunstanciales II

Una vez anotado, todavía nos queda sentarnos a discutir sobre su contenido (o hacerlo paseando).

Alfredo Marcos

Kekulé nos cuenta que tuvo su sueño creador en un tranvía. Poincaré comentó que una de sus teorías matemáticas se le ocurrió viajando en un carruaje. Stokes meditó creativamente en un viaje en tren. A Watson se le ocurrió la idea –idea posteriormente esencial para el descubrimiento de la estructura del ADN– de que la molécula del mosaico del virus de tabaco tenía estructura helicoidal “mientras se dirigía en autobús a Oxford”.³⁶ Nicolás de Cusa recibió su *De coniecturis* como “un don divino” durante una travesía marítima.

En vista de la comunidad de estos casos, parecería que viajar es un ‘procedimiento inspirador’ que funciona con relativa frecuencia (el propio Watson³⁷ cita otros ejemplos de viajeros pensantes). ¿Y si, entonces, investigásemos la movilidad en general? Después de todo, el peripatético Aristóteles filosofaba caminando. Y Descartes, y Rodin,

³⁶ James Watson, *La doble hélice*, Salvat, Barcelona, [1968] 1993, p. 63.

³⁷ *Ibid.*

³⁸ Friedrich Nietzsche, *Ecce Homo*, Alianza, Madrid, [1888] 1984, p. 39.

³⁹ Esta clase de reconstrucciones ingenuas es frecuente en textos escolares y de divulgación. Cf., por ej., de Cadiz: “Se cuenta que un día [Arquímedes] se hallaba en el baño público y de repente saltó del agua y corrió sin cuidar de vestirse hacia su casa, gritando: “¡Lo encontré! ¡Lo encontré!” (1959: 42); o: “Newton regresó al seno de la familia, en Woolsthorpe, y a este contratiempo se deba tal vez el descubrimiento de la gravitación universal. Un día encontrábase Isaac en el jardín de su casa y...” Luis de Cadiz, *Grandes Sabios*, Biblioteca Billiken, Atlántida, 1959, pp. 42, 94. Pero no es infrecuente en textos epistemológicos clásicos. Cf., p.ej., Hempel: “Kekulé se despertó de golpe: se le había ocurrido la idea...” Carl Hempel, *Aspects of Scientific Explanation*, Free Press, N.Y., 1965 [1966], p. 34.

y Kant. Nietzsche nos cuenta que fue “asaltado por la revelación” del *Zarathustra* cuando escalaba una colina. El mismo Nietzsche, por otro lado, en su *Ecce Homo* reflexiona sobre el valor de los paseos en el pensamiento creativo. “Estar sentado *el menor tiempo posible*” –fue una de sus recomendaciones ‘heurísticas–,³⁸ “no dar fe a ningún pensamiento que no haya nacido al aire libre y pudiendo nosotros *movernos* con facilidad...” etc. (el subrayado es mío). El precepto ‘*mens sana in corpore sano*’ podría, tal vez, ser considerado la heurística latina que da cuenta de esta clase de orientación creativa.

Parecen existir muchos ejemplos de movilidad creativa. ¿Podemos, entonces, considerar ‘estar en movimiento la mayor parte del tiempo’ una regularidad fructífera y adoptarla como una heurística? Bien, viajé muchas veces, y nada creativo aconteció. Y tenemos ejemplos tan célebres como los mencionados con creadores reposando confortablemente –en otras palabras, célebres contraejemplos. Arquímedes descansaba en una bañera cuando dijo ‘*eureka*’. Descartes meditaba en una silla junto a una vela titilante. Kekulé, alterando su relato original, también una vez afirmó que tuvo su sueño creador cartesianamente: sentado junto al fuego de un hogar crepitante. Rodin, en su inmóvil taller, parecía pensar que la heurística adecuada para el pensar es permanecer sentado cabizbajo. ¿Y acaso Newton no estaba sentado cuando vio caer *la manzana*?³⁹

Ignoremos, con fines argumentativos, estos incómodos contraejemplos y supongamos que el viajar en tren, o el caminar, o el estado de pobreza (económica), se hayan mostrado como circunstancias fecundas en un promedio interesante de casos de pensamiento creativo. ¿Qué estatuto tendría esta recurrencia? ¿Acaso ‘viaje’ o ‘camine’ podrían ser reglas de descubrimiento y formar parte de una metodología, ya sea de la ciencia o de la resolución de problemas cotidianos? No; definitivamente no: porque la clase de circunstancias mencionadas en todo caso dice algo acerca de la naturaleza de los descubridores, no acerca de la naturaleza del mundo a descubrir o de las hipótesis o soluciones descubiertas, o las relaciones entre las explicaciones y los hechos explicados. (Por supuesto que un dato así debería ser tomado en cuenta, sobre todo por quienes se ocupan de psicología del descubrimiento, pero no por quienes hacen filosofía o metodología de la ciencia).

Las ‘reglas’ actitudinales

Otras clases de ‘reglas’ que suelen ser propuestas como ‘heurísticas’ son aquellas que intentan alentar a los científicos, que le recomiendan predisponerse a adoptar actitudes, presuntamente, epistémicamente fértiles. Muchas de ellas son de corte ético, y parecen extraídas de hagiografías o de las viejas historiografías de héroes que caracterizan a

las primitivas historias de la ciencia. Veamos por ejemplo las que da Jack Oliver, un científico que escribe una guía (“incompleta”) sobre el arte del descubrimiento.⁴⁰ Oliver intenta –según él mismo dice– dar ‘pautas’ que permitan “cultivar la actitud para desarrollar y capitalizar oportunidades”.⁴¹ Sus ‘pautas’ para el descubrimiento son de la siguiente clase: “sea humilde”,⁴² “[esfuércese:] el esfuerzo aumenta la ‘serendipeidad’”,⁴³ “[explore:] explorar nuevas fronteras casi siempre produce grandes sorpresas”,⁴⁴ “sea competitivo”,⁴⁵ “ocasionalmente, piense como un niño”,⁴⁶ “sea un ganador”,⁴⁷ “sea audaz”,⁴⁸ “tenga respeto, no reverencia”,⁴⁹ “sea optimista, al menos secretamente”,⁵⁰ y otra gran cantidad de ‘pautas’ como éstas.

Ahora bien: según entiendo, estas ‘pautas’ no son la clase de reglas heurísticas que podrían formar parte *legítimamente* de una metodología de la ciencia. Consideremos el caso de un talentoso joven científico que sospecha que el prestigioso director del Proyecto científico en el que participa decidió mal el rumbo de la investigación. Seguramente, nuestro científico estará indeciso acerca de qué actitud adoptar, ya que dudará de su propia experiencia tanto como para no confiar demasiado en su propio juicio. Quizá, si supiera que exitosos científicos tales como Oliver –o como Medawar, quien publicó unos famosos *Consejos a un joven científico*–⁵¹ recomiendan ‘pautas’ tales como “sea audaz” o “no se atenga demasiado a la autoridad”, podría confiar en su propia intuición científica y seguir –ahora ‘heurísticamente legitimado’– su propia investigación. Esta clase de ‘pautas’, sin embargo, ¿puede ser parte de una metodología? En los términos aquí utilizados, las pautas mencionadas más que de una metodología parecerían formar parte de una psicoterapia de la investigación. En el ejemplo presentado, ‘heurísticos’ (metodológicos) pueden ser los criterios por los cuales ese joven científico decide que el Proyecto en el que participa no es promisorio, pero no muchas de las pautas alentadoras y motivacionales de la *Guía al arte del descubrimiento* de Oliver, que más parecen propias de una *Guía de autoayuda para el descubrir*.

6.2. De las heurísticas II: los ‘estados’ heurísticos

Otra clase de consejos que algunos autores suelen proponer como heurísticos es la de aquellos que dan cuenta de ‘estados’ psíquicos que supuestamente facilitan la llegada de la ‘creatividad’. La mayoría de estos consejos, basados en la creencia que oponden taxativamente razón a creatividad, sugieren la adopción de estados relacionados, de una u otra forma, con la anulación o disminución de la conciencia, tales como el sueño, las alucinaciones inducidas por drogas o las libres asociaciones (de ideas).

Ensoñaciones y alucinaciones heurísticas

Aprendamos a soñar, y quizá entonces encontraremos la verdad.

Friedrich von Kekulé

Efectivamente, esta clase de estados –tal como indican registros fenomenológicos– puede considerarse un componente importante de la ‘creatividad’. En estados de ensoñación, por ejemplo, la imaginación parece ser más fértil, por estar menos restringida por criterios críticos.⁵² Coleridge cuenta que alcanzaba estados creativos mediante el consumo de opio. Y tanto el *Opium* de Jean Cocteau como el *Naked Lunch* de Burroughs o muchos de los maravillosos poemas surrealistas de Desnos y Éluard son ejercicios literarios logrados –según sus autores– mediante estados somnolientos o alucinatorios auto-inducidos. Los historiadores del arte han reunido fuertes evidencias que nos llevan a sospechar de la verosimilitud del relato de estos autores. Pero no es necesario profundizar las investigaciones históricas para poder juzgar adecuadamente la legitimidad del valor heurístico de estos estados. Sólo basta tener presente que lo que diferencia a un visionario de imaginación fértil de un sabio de razón fértil es la capacidad de este último de generar (o, en todo caso de reconocer o recordar) hipótesis plausibles, y de poder dar razones para defender que esas hipótesis son plausibles –es decir, de evaluar adecuadamente la capacidad explicativa que determinada hipótesis tiene de la realidad–.

Introspecciones heurísticas

Quiero vigilar y ver como aparece la idea. Quiero observar mis propios procesos.

Virginia Woolf

⁴⁰ Jack Oliver, *The Incomplete Guide to the Art of Discovery*, Columbia University Press, N.Y., 1991.

⁴¹ *Ibid*, p. 6.

⁴² *Ibid*, p. 110.

⁴³ *Ibid*, p. 37.

⁴⁴ *Ibid*, p. 37.

⁴⁵ *Ibid*, p. 54.

⁴⁶ *Ibid*, p. 122.

⁴⁷ *Ibid*, p. 54.

⁴⁸ *Ibid*, p. 113.

⁴⁹ *Ibid*, p. 107.

⁵⁰ *Ibid*, p. 113.

⁵¹ Peter Medawar, *Advice to a Young Scientist*, Harper & Row, Londres, 1979. *Consejos a un joven científico*, editorial Crítica.

⁵² Los científicos ‘sonámbulos’ de Koestler, por ejemplo, son ‘guiados’ hacia sus hipótesis por esta clase de estados. Arthur Koestler, *Los sonámbulos*, Eudeba, [1959] 1963.

Una breve digresión acerca de lo que las personas creativas nos han dicho acerca de sus propios estados creativos. Toda psicología de la invención tiene narraciones fenomenológicas como las mencionadas anteriormente. Pero si tenemos la precaución de sospechar de los relatos de los propios creadores, encontraremos que cada introspección retrospectiva puede ser complementada con elementos que por memoria selectiva o pudor romántico o impostura esteticista del creador en cuestión fueron olvidados, alterados o simplemente ocultados. Aquí podríamos mencionar el caso de Coleridge, que dijo haber soñado su poema “Kubla Khan: una visión en un sueño”, poema que una investigación posterior mostró que había sido escrito a lo largo de varios años, o de Lamartine, aquel poeta francés de quien después de su muerte se encontraran cientos de borradores de un poema que, según afirmó, escribiera ‘febrilmente inspirado’.⁵³ O, para citar un caso científico, podemos recordar que el ya mencionado Friedrich von Kekulé dio dos versiones diferentes del ‘estado creativo’ que inspiró su paradigmático ‘descubrimiento’ onírico. En una primera oportunidad Kekulé narró que tuvo su sueño creativo “en un viaje en tranvía”, mientras que varios años más tarde recordó que su sueño había sido “sentado junto al fuego”.⁵⁴

Como he indicado, a cada reconstrucción onírica de ese tipo podemos contraponer una reconstrucción biográfica

donde entren en juego de manera coherente (y plausible) muchos más elementos conscientes y ‘racionales’ o, quizá, una reconstrucción racional que posibilite afirmar plausiblemente que el evento soñado no fue más que el emergente inconsciente de un largo proceso de maduración racional de ideas.

A este respecto, es muy valioso el consejo dejado por Einstein.⁵⁵ “si usted desea saber algo acerca de los métodos que utilizan [los científicos], le aconsejo que siga este consejo: *no escuche sus palabras; sólo preste atención a lo que hacen*” (supuestamente, cuando hacen ciencia). Irónicamente, esta misma regla debe ser aplicada al propio Einstein, ya que, como relata Wertheimer,⁵⁶ en una entrevista que le concedió al final de su vida, le narró una versión de su descubrimiento de la teoría general de la relatividad *significativamente diferente* de la que le había contado décadas antes. A fin de intentar una explicación de esta divergencia, quizá debamos considerar que, por lo general, las personas ‘creativas’ escriben sus memorias mucho después de realizadas sus creaciones y descubrimientos, o son entrevistadas cuando ya son famosas, lo que en el campo científico la mayoría de las veces acontece cuando son ya ancianas. Y, como se sabe, la memoria es la más débil de las fuentes tradicionales del conocimiento.

7. Consideraciones finales

Quien es esclavo de su brújula es dueño de la libertad de los mares.

Anónimo

En los puntos anteriores presenté varias clases de candidatos a heurísticas, y centré mis esfuerzos en mostrar los problemas de aquellos que son lo que denominé ‘heurísticas en sentido lato’. De acuerdo a mi interpretación, una heurística es un auxilio, principio o elemento *que pueden ser presentado metodológicamente*. Esta característica siempre debe ser tenida en cuenta cuando hablamos de ‘heurística’ pues, según alerté, muchos fenómenos o procesos calificados de ‘heurísticos’ no son heurísticos en el sentido *stricto* del término. Mencioné el caso de la “fantasía heurística” y el “sueño heurístico”, expresiones donde el adjetivo ‘heurístico’ sólo tiene un sentido metafórico, *lato*, que pierde las características distintivas de su sentido *stricto*, metodológico. Ningún metodólogo puede dar reglas para ‘soñar’ heurísticamente, y ningún historiador o investigador puede hacer una reconstrucción racional del ‘vuelo onírico’ del descubridor. Es verdad que Kekulé sugirió: “Aprendamos a soñar, y tal vez entonces encontraremos la verdad”,⁵⁷ pero, evidentemente, no se trata de una sugerencia *metodológica*. Una figura analógica (inclusive soñada) puede —como auxilio metodológico— ser ‘heurística’ (en el sentido *stricto*, original, de la palabra), pero un sueño, en sí mismo, no.⁵⁸

⁵³ Cf., respectivamente, Marina y Eco. Lamartine mentía no ser el autor de su propio poema para usurpar la gloria romántica de ser su primer lector. “El absoluto pasa” —debe sentir el romántico—, “pero pasa por mí. Yo soy el medio”. José Antonio Marina, *Teoría de la inteligencia creadora*, Anagrama, Barcelona, 1993, p. X; Umberto Eco, *Apostillas a ‘El nombre de la rosa’*, Lumen, [1984] 1989, p. 16.

⁵⁴ Alan Rocke, “Hypotesis and Experiment in the Early Development of Kekulé’s Benzene Theory”, en *Annals of Science*, 42, 1985, pp. 355-81.

⁵⁵ Albert Einstein, “On the Method of Theoretical Physics”, en Albert Einstein, *Ideas and Opinions*, Crown, N.Y. [1933] [1954] 1963, pp. 270-6.

⁵⁶ Max Wertheimer, *Pensamiento productivo*, Paidós, Barcelona, [1945] 1991.

⁵⁷ Alan Rocke, *op. cit.*

⁵⁸ Como resultado de la reelaboración diurna de su sueño, Kekulé propuso una nueva formulación de la estructura de la molécula de benceno. Las versiones estándar de este descubrimiento lo reconstruyen en términos similares; cf., por ejemplo, Kneller ([1978]:116): “Kekulé llegó a su teoría de la estructura anular de la molécula de benceno cuando percibió una *analogía* entre una serpiente tomándose de su propia cola con la boca y la disposición de los átomos de carbono en la molécula de benceno” (italico mío). A fin de valorizar una relación de apariencia tan extraña como la trazada por Kekulé, es importante observar que esta analogía tiene una estructura *formal*. Margaret Boden, *La mente creativa: mitos y mecanismos*, Gedisa, Barcelona, [1991], 1994, p. IV. Una serpiente mordiendo su propia cola —una curva abierta que se vuela cerrada— tiene con la cadena de átomos de la molécula de benceno una semejanza topológica (en una cadena de átomos extendida, una transformación a una curva cerrada altera las relaciones de vecindad de los átomos).

En síntesis: debemos distinguir un sentido *lato* y un sentido *stricto* del término ‘heurística’, y utilizarlo –al menos en contextos metodológicos– estrictamente en su sentido *stricto*. En una de sus primeras obras, Lakatos defendió, según él mismo indicó posteriormente, que “es posible que [entre psicología y lógica] exista un *limbo* para una heurística ‘genuina’ que sea racional y no psicologista”.⁵⁹ Yo entendería que el sentido *stricto* del término ‘heurística’ que aquí intento defender coincide con el de la heurística ‘genuina’ de Lakatos, o, en todo caso, que en la tierra de nadie existente entre la psicología y la lógica, la heurística en sentido *lato* está más próxima de la psicología y la heurística en sentido *stricto* más próxima de la lógica y de la metodología. La primera intenta decir algo acerca de la naturaleza de los descubridores; la segunda –la heurística en sentido *stricto*–, intenta decir algo acerca de la naturaleza del mundo a descubrir, o sobre la dinámica y estructura de las hipótesis, o sobre sus relaciones.

¿Cuál es el valor de las heurísticas? ¿De qué serviría contar con una exhaustiva taxonomía de reglas o criterios de esta clase? Como señalan sus críticos, las heurísticas no están desprovistas de contradicciones, y poco se puede hacer con ellas sin una indicación precisa de cuándo y cómo utilizarlas. Benito Feijóo, por ejemplo, renegaba de los inconvenientes que plantea la abundancia de reglas heurísticas (en su caso, la crítica se orienta al campo literario, pero puede ser extendido al campo de las ciencias):

Las reglas que hay escritas son innumerables” –decía–, “¿quién puede hacérselas presentes a todas al tiempo de tomar la pluma? [...] Lo peor es que aunque hay tanto escrito de reglas, aun es muchísimo más lo que se puede escribir, porque no hay regla que no padezca sus excepciones; y para las mismas excepciones hay otras excepciones.”⁶⁰

Considerando que el carácter ambiguo y a veces contradictorio de las heurísticas se debe a que dependen de la experiencia humana, algunos críticos han argumentado que la actividad científica es un arte personal, el cual, como todo arte, no puede ser enseñado formalmente.⁶¹ Ante esta clase de problemática, investigadores del campo educativo advierten la necesidad de implementar heurísticas *meta*-cognitivas; es decir, heurísticas de planificación que indiquen *cuándo* implementar heurísticas cognitivas, y heurísticas de supervisión y control que indiquen *cómo* evaluar su implementación.⁶² Esta estrategia se expone, por supuesto, al riesgo del regreso al infinito.

Ahora bien: es innegable que siempre es nuestro juicio el que debe juzgar la orientación heurística a utilizar y el momento oportuno de hacerlo. En definitiva, es evidente que la aplicación de heurísticas depende fundamentalmente de la experiencia de quien las aplica. Pero también es innegable que al enfrentarnos a un problema científico

concreto un conjunto de reglas heurísticas podría brindarnos elementos sobre la base de los cuales actuar y decidir; en definitiva, *experiencia humana organizada*. Tal como indica Bunge: “En ciencia no existen caminos pre-determinados, pero existe una brújula por medio de la cual es a menudo posible juzgar si estamos en una senda promisoriosa; esta brújula es el método científico”.⁶³

En otras palabras: aunque disponer de reglas heurísticas es menos interesante que poseer la piedra filosofal o el método mecánico buscado por los metodólogos de la Revolución científica, es más útil que no contar con nada. Quizá frases como las siguientes puedan conciliar las posiciones anteriormente expuestas:

Cuando un hombre se aventura en un campo que no le es familiar, o donde no puede contrastar continuamente sus resultados con la experiencia [...] se desorienta rápidamente, y malgasta sus esfuerzos en direcciones que no lo acercan a su objetivo, o que incluso lo alejan por completo. Es como un barco en mar abierto sin nadie a bordo que conozca reglas de navegación. En ese caso puede ser de utilidad un estudio de los principios rectores del razonar.⁶⁴

Es imposible evitar que cada uno pague el costo de su aprendizaje. Las experiencias son mejores que los consejos y advertencias. No obstante esto, algunos faros de referencia podrían ser de utilidad a quien sueñe con internarse en mar abierto.⁶⁵

⁵⁹ En este período, Lakatos preservaba para el término ‘heurística’ su original sentido griego de regla prescriptiva de solución de problemas (para esta concepción, cf., especialmente, su Lakatos [1963-4], obra influenciada por Polya. Imre Lakatos, *Pruebas y refutaciones*, Alianza, Madrid, [1963-4] 1994)). En obras posteriores, sin embargo, Lakatos comienza a utilizar este término de un modo bastante *sui generis*, designando reglas normativas para *explicar* el desarrollo científico. Este desplazamiento meta-metodológico se adecua, según este autor, al “uso moderno del término ‘metodología’. Obra influenciada por Popper. Imre Lakatos, *La historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales*, Tecnos, Madrid, [1971] 1993.

⁶⁰ Benito Feijóo, *Cartas eruditas*, IV, Espasa-Calpe, Madrid, 1944, p. 42.

⁶¹ Michael Polanyi, *Science, Faith and Society*, University of Chicago Press, Chicago, 1964, pp. 33-4.

⁶² R. Nickerson, D. Perkins, E. Smith, *Enseñar a pensar*, Paidós, Barcelona, 1990.

⁶³ Mario Bunge, *Metascientific Queries*, Charles Thomas Publisher, Springfield, 1959, p. 68.

⁶⁴ Charles Peirce, “Collected Papers”, en C. Hartshorne y P. Weiss (eds.), vols. I-VI, 1931-35, p. 368; A. Burks (ed.), vols. VII-VIII, Harvard University Press, Cambridge, 1958.

⁶⁵ Ernst Jünger, *El autor y la escritura*, Gedisa, Barcelona, [1984] 1987, p. 7.

En la metodología anterior al siglo XVII, inferencias y heurísticas tenían igual dignidad, y las funciones heurísticas y evidenciales de las reglas eran igualmente valoradas. Como indiqué en la sección 2, esta relación sufrió grandes transformaciones, y el estudio de las heurísticas fue prácticamente abandonado. Como también indiqué, este estudio

está comenzando a ser nuevamente valorizado, y podemos anunciar un ‘giro heurístico’ de la metodología o –mejor–, un ‘retorno’ de las reglas heurísticas a la metodología de la ciencia. Este texto intenta registrar y acompañar el surgimiento de este nuevo interés en esta clase de criterios y orientaciones dentro del campo de la metodología científica.

Bibliografía

- ◆ Boden, Margaret, *La mente creativa: mitos y mecanismos*, Gedisa, Barcelona, [1991], 1994.
- ◆ Buchdahl, Gerd, “Descartes’s Anticipation of a ‘Logic of Discovery’”, en A. Crombie (ed.), *Scientific Change*, Basic Book, N.Y., 1963.
- ◆ _____, “History of Science and Criteria of Choice”, en R. Stuewer (ed.), *Historical and Philosophical Perspectives of Science*, University of Minnesota Press, Minneapolis, 1970.
- ◆ Bunge, Mario, *Metascientific Queries*, Charles Thomas Publisher, Springfield, 1959.
- ◆ Crombie, A. C., “Science and the Arts in the Renaissance: the Search for Truth and Certainty, Old and New”, en *History of Science*, 18, 1980.
- ◆ Darvas, György, *Symmetry: Cultural-historical and Ontological Aspects of Science-Arts Relations*, Verlag, Berlín, 2007.
- ◆ de Cadiz, Luis, *Grandes Sabios*, Biblioteca Billiken, Atlántida, 1959.
- ◆ Eco, Umberto, *Apostillas a ‘El nombre de la rosa’*, Lumen, [1984] 1989.
- ◆ Einstein, Albert, “On the Method of Theoretical Physics”, en A. Einstein, *Ideas and Opinions*, Crown, N.Y., [1933] [1954] 1963.
- ◆ Feijóo, Benito, *Cartas eruditas*, IV, Espasa-Calpe, Madrid, 1944.
- ◆ Gigerenzer, Gerd, “Discovery in Cognitive Psychology: New Tools Inspire New Theories”, en *Science in Context* 5, 1992.
- ◆ Guerlac, Henry, “Newton and the Method of Analysis”, en P. Wiener (ed.), *Dictionary of the History of Ideas: Studies of Selected Pivotal Ideas*, 4 volúmenes, Charles Scribner’s Sons, N.Y., [1968] 1973.
- ◆ Hacking, Ian (ed.), *Revoluciones científicas*, F.C.E., México, 1985.
- ◆ Hadamard, Jacques, *Psicología de la invención en el campo matemático*, Espasa-Calpe, 1947.
- ◆ Hempel, Carl, *Aspects of Scientific Explanation*, Free Press, N.Y., 1965.
- ◆ _____, *Filosofía de la ciencia natural*, Alianza, Madrid, [1966] 1973.
- ◆ Holton, Gerald, “La construcción de una teoría: el modelo de Einstein”, en Gerald Holton, *La imaginación científica*, F.C.E., México, [1973] 1989.
- ◆ Jardine, Lisa, *Francis Bacon, Discovery and the Art of Discourse*, Cambridge University Press, Cambridge, 1974.
- ◆ Jünger, Ernst, *El autor y la escritura*, Gedisa, Barcelona, [1984] 1987.
- ◆ Kantorovich, Aharon, *Scientific Discovery: Logic and Tinkering*, State University of New York Press, Albany, 1993.
- ◆ Kleiner, Scott, “Problem Solving and Discovery in the Growth of Darwin’s Theories of Evolution”, en *Synthese*, 47, 1981.
- ◆ Kneller, George, *A ciência como atividade humana*, R. J. Zahar, [1978] 1980.
- ◆ Koestler, Arthur, *Los sonámbulos*, Eudeba, [1959] 1963.
- ◆ Körner, Stephan, *Experience and Theory*, Routledge & Kegan Paul, N.Y., 1966
- ◆ Lakatos, Imre, *Pruebas y refutaciones*, Alianza, Madrid, [1963-4] 1994.
- ◆ _____, *La historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales*, Tecnos, Madrid, [1971] 1993.
- ◆ _____, “Popper y los problemas de demarcación e inducción”, en Lakatos, *La metodología de los programas de investigación*, Alianza, Madrid, [1974] [1978a] 1983.
- ◆ Laudan, Larry, “Why Was The Logic of Discovery Abandoned?”, en Laudan, 1981.
- ◆ _____, *Science and Hypothesis*, Reidel, Dordrecht, 1981.
- ◆ Leibniz, Gottfried, *On the Art of Combination*, en G. Parkinson (ed.), *Leibniz: Logical Papers*, Clarendon Press, Oxford, [1666] 1966.
- ◆ Lugg, Andrew, “The Process of Discovery”, en *Philosophy of Science*, 52, 1985.
- ◆ Marina, José Antonio, *Teoría de la inteligencia creadora*, Anagrama, Barcelona, 1993.
- ◆ Martins, Marcos Francisco, *Marx, Gramsci e o conhecimento: Ruptura ou continuidade?*, Autores Associados, Campinas, 2008.
- ◆ Medawar, Peter, *Advice to a Young Scientist*, Harper & Row, Londres, 1979.
- ◆ Menna, Sergio, “Heurísticas Baconianas”, *Estudios Filosóficos*, 60, 2011.
- ◆ Nagel, Ernest, *La estructura de la ciencia*, Paidós, [1961] 1968.

- ◆ Newell, A. y H. Simon, *Human Problem Solving*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1972.
- ◆ Nietzsche, Friedrich, *Ecce Homo*, Alianza, Madrid, [1888] 1984.
- ◆ Oliver, Jack, *The Incomplete Guide to the Art of Discovery*, Columbia University Press, N.Y., 1991
- ◆ Peirce, Charles, “Collected Papers”, en C. Hartshorne y P. Weiss, P. (eds.), vols. I-VI, 1931-35; Burks, A. (ed.), vols. VII-VIII, Harvard University Press, Cambridge, 1958.
- ◆ Polanyi, Michael, *Science, Faith and Society*, University of Chicago Press, Chicago, 1964.
- ◆ Polya, George, *Cómo plantear y resolver problemas*, Trillas, México, [1957] 1995.
- ◆ Rocke, Alan, “Hypotesis and Experiment in the Early Development of Kekulé’s Benzene Theory”, en *Annals of Science*, 42, 1985.
- ◆ Ruse, Michael, “Ought Philosophers Considerer Scientific Discovery?”, en T. Nickles (ed.), *Scientific Discovery: Case Studies*, Reidel, Dordrecht, 1980.
- ◆ Schaffer, Simon, “Scientific Discoveries and the End of Natural Philosophy”, en *Social Studies of Science*, 16, 1986.
- ◆ Shapere, Dudley, “Significado y cambio científico”, en I. Hacking (ed.), 1985.
- ◆ Simon, Herbert, “Does Scientific Discovery Have a Logic?”, en *Philosophy of Science*, 40, 1973.
- ◆ van Fraassen, Bas, *La imagen científica*, Paidós, México, [1980] 1996.
- ◆ Watson, James, *La doble hélice*, Salvat, Barcelona, [1968] 1993.
- ◆ Wertheimer, Max, *Pensamiento productivo*, Paidós, Barcelona, [1945] 1991.
- ◆ Zahar, Elie, “Why Did Einstein’s Programme Supersede Lorentz’s?”, en *Brit.J.Phil.Sci.*, 24, 1973.