

«MODOS DE RACIONALIDAD» EN LA HISTORIA DE LA CIENCIA PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

AGUSTÍN ADÚRIZ-BRAVO

CONICET / CeFIEC - INSTITUTO DE INVESTIGACIONES CENTRO DE FORMACIÓN
E INVESTIGACIÓN EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS. UNIVERSIDAD DE BUENOS
AIRES / IEC - INSTITUTO DE EDUCACIÓN Y CONOCIMIENTO. UNIVERSIDAD NACIONAL
DE TIERRA DEL FUEGO. ARGENTINA. E-mail: aadurizbravo@cefiec.fcen.uba.ar

Palabras clave: *racionalidad, modos, evidencias, abducción, historias de la ciencia*

'Modes of Rationality' in the History of Science for Science Teaching

Summary: *I explore the use of 'logical rationality' and 'narrative rationality' when teaching science in the different educational levels, under the hypothesis that these two 'modes' of rationality can be recognised in 'science stories'. I relate the first mode to the syntactic structure of the scientific disciplines and the 'context of justification', and the second to the historical development of the disciplines and the 'context of discovery'. When examining those two modes of rationality as they appear in the materials of history of science that science teachers use in their classes, I recognise a third, 'hybrid' mode of abductive nature, analogous to 'detective thinking'.*

Keywords: *rationality, modes, evidence, abduction, science stories*

Modos de racionalidad

En este trabajo exploro el uso de lo que llamo «modos de racionalidad» dentro de la enseñanza de las ciencias experimentales para los distintos niveles educativos (con énfasis en la secundaria obligatoria y postobligatoria: estudiantes de 12 a 18 años). Mi objetivo es hacer foco en las «formas de pensar» que los científicos y científicas ponen en juego durante la producción («descubrimiento») y validación («justificación») de las ideas, enfatizando su «parecido de familia» con otras formas de pensar que pueden tener valor educativo. Todo ello se enmarca en el propósito más general de encontrar, en la interacción fructífera entre la filosofía y la historia de la ciencia, «pistas» para una educación científica de calidad.

Siguiendo de cerca a Mercè Izquierdo-Aymerich (2014), parto de la hipótesis de que es posible reconocer dos modos de racionalidad principales (el «lógico» y el «narrativo») en las «historias de la ciencia», es decir, en las narraciones construidas con base en las aportaciones de la historia de la ciencia que se utilizan en la enseñanza de las ciencias. Esos modos de racionalidad, sin embargo, pueden aparecer disjuntos, en tensión o reconciliados según el abordaje historiográfico al que se recurra para la construcción de las historias de la ciencia.

Entiendo por modo de racionalidad el conjunto de raciocinios, inferencias y argumentaciones científicas (individuales o colectivas) históricamente situadas en una época y en un lugar determinados. En este sentido, el constructo se identificaría con las «maneras de averiguar» («ways to find out») de las que habla Ian Hacking (2002). Me ubico así en una tradición importante en la interfaz entre la filosofía y la historia de la ciencia que ha buscado patrones y recurrencias en el quehacer intelectual de los científicos. En esa tradición de construcción de lo que Winther (2012) llama «categorías analíticas de las culturas científicas» se incluirían, para el nivel de análisis macrohistórico, la noción de *paradigma* de Thomas Kuhn o los *estilos de pensamiento científico* definidos por Alistair Crombie; para el nivel mesohistórico, los *estilos de pensamiento* («Denkstile») de Ludwik Fleck, y para el nivel microhistórico, los estudios de dinámica del *cambio conceptual* científico de Nancy Nersessian.

Entre todos estos antecedentes encuentro particularmente relevante para mi trabajo la propuesta de «estilos de razonamiento científico» de Ian Hacking (2002), que él hace expandiendo y reinterpretando diversas exposiciones de las categorías clásicas de Crombie. Presento aquí mi propia lectura de esa propuesta, que incluye siete estilos: 1. el *axiomático*, que procede por postulación; 2. el *experimental*, que observa, mide y controla; 3. el *analógico*, que consiste en la hipotetización de modelos análogos; 4. el *taxonómico*, que ordena la variedad por comparación; 5. el *probabilístico*, que analiza estadísticamente regularidades; 6. el *genealógico*, que hace un «racconto» histórico del desarrollo, y 7. el *laboratoril*, que se caracteriza por la construcción de aparatos para aislar fenómenos existentes y crear otros nuevos.

Si bien al marco teórico de Hacking subyace una «periodización» –heredada de Crombie– que queda formada por la sucesión de estilos dominantes en cada época histórica de la ciencia, conviene recordar que

cada estilo se ha hecho independiente de su historia [...], se ha transformado en lo que creemos ser cierto canon de objetividad, un estándar o modelo de lo que debe ser razonable acerca de este o ese tipo de conocimiento. (Hacking, 2002: 188)¹

Lo que Hacking denomina «estilo» en su propuesta original (formulada en la década del 1980 y refinada en su texto canónico de 1992 (Hacking, 2002)) se va acercando progresivamente a lo que yo llamo «modo», que es una nomenclatura que él también usa:

En estos momentos [...] «métodos de argumentación» o «modos de indagación» me van bien. El [nombre] que más me gusta es «maneras de averiguar» porque [mi] proyecto es *una* aproximación a la cuestión de cómo hemos averiguado las maneras de averiguar en lo que hoy en día llamamos las ciencias. (Hacking, 2012: s/p; cursivas en el original)

1. A partir de aquí todas las traducciones son del autor.

Mi estudio de los modos principales de racionalidad se sustenta teóricamente en contribuciones de Jerome Bruner, Howard Gardner, Walter Fisher y Mercè Izquierdo-Aymerich, «visitadas» desde la didáctica de las ciencias. Como dije, me interesa vincular los modos de racionalidad a la construcción de buenas «historias de la ciencia» para la enseñanza.

De acuerdo con Bruner, la forma principal que tenemos los seres humanos de organizar tanto nuestra experiencia como nuestra memoria de los acontecimientos es la *narrativa* (esto es, contar cuentos o historias): «La narrativa es una forma convencional, culturalmente transmitida y consuetudinada por el nivel de maestría de cada individuo (...)» (Bruner, 1991: 4).

Ahora bien, la narrativa se diferencia fuertemente de las construcciones generadas mediante procedimientos *lógicos* e identificadas tradicionalmente con el pensamiento científico desde una mirada positivista. Sobre estas construcciones se pueden aplicar las nociones de verdad y falsedad, mientras que de las narrativas solo cabe predicar «verosimilitud»:

Las narrativas, entonces, son una versión de la realidad cuya aceptabilidad está gobernada por la convención y la «necesidad narrativa» más que por la verificación empírica y los requerimientos lógicos [...]. (Bruner, 1991: 4)

Con base en estas distinciones, defino el «modo de racionalidad lógico» como aquel asociado a la estabilización de la estructura sintáctica de las disciplinas científicas en su «forma final»; así, lo relaciono con una concatenación del conocimiento bajo la forma de proposiciones nomotéticas o formalizadas. Este modo hace énfasis en los aspectos lógico-lingüísticos «duros»; por ello lo sitúo dentro del famoso «contexto de justificación» de las teorías. El modo lógico se impuso en las disciplinas tradicionalmente llamadas «deductivas» —tales como la mecánica y la astronomía clásicas—, que pretendían apoyarse en explicaciones nomológico-deductivas (por «cobertura legal»).

Por su parte, defino el «modo de racionalidad narrativo» como aquel vinculado al devenir histórico de las disciplinas científicas y a sus procesos de construcción, y lo relaciono con la puesta en valor de los aspectos «argumentativos» de la ciencia, que se encuadrarían en el «contexto de descubrimiento». El modo narrativo sería así más característico de la retórica de las disciplinas que en el siglo XIX se reconocieron a sí mismas como «inductivas» (la geología o la biología evolutiva serían ejemplos), con preferencia por las explicaciones de carácter teleonómico, funcional o genético.

Racionalidad en las historias de la ciencia

Mercè Izquierdo-Aymerich, apoyándose en sus análisis de las retóricas presentes en los libros de texto de ciencias, reconoce que las dos racionalidades principales son ampliamente utilizadas en la «ciencia escolar». La explicación del arcoíris sería un caso paradigmático de racionalidad lógica: se enuncia la ley de Snell y se hacen consideraciones geométricas para dar cuenta de su forma y de la distribución de colores; por su parte, la racionalidad narrativa tendría su ejemplo típico en el relato del «descubrimiento» de la radiactividad por Becquerel, quien, debido a un «accidente» afortunado, se dio cuenta de que las sales de uranio velaban placas fotográficas aun en ausencia de luz solar.

Resulta sugerente que, a fin de hacer entendibles la naturaleza y dinámica de las racionalidades, Izquierdo-Aymerich las homologa a dos épocas bien distinguibles de la novela policiaca. Según ella, la racionalidad lógica correspondería al período «clásico», ejemplificado por Arthur Conan Doyle, y

la racionalidad narrativa se veía en la novela policiaca contemporánea, con autores tales como el sueco Henning Mankell o el italiano Andrea Camilleri.

Esta analogía entre el pensamiento científico y el detectivesco es un heurístico muy conocido, pero que generalmente ha sido utilizado con baja potencia; aunque es usual mencionar elementos clave como el trabajo a partir de un *problema* o la búsqueda de *pruebas*, luego se enfatizan solo aspectos superficiales como la observación minuciosa que llevan adelante científicos y detectives. En mi opinión, la analogía puede aprovecharse más a fondo si se comparan las inferencias que se hacen en ambos casos, es decir, si se estudian más cuidadosamente los modos de racionalidad subyacentes.

Para mi análisis me valgo del constructo de prueba («evidencia») y modelizo los «modos de averiguar» no solo deductivamente sino también con razonamientos *ampliativos* (es decir, no demostrativos), que serían «paralógicos» respecto de la lógica clásica, en la que se identificaban como falaces. Encuentro así que el pensamiento científico y el detectivesco son, en muchos casos, *abductivos* (generadores de hipótesis), basados en modelos teóricos, «arrastrados por problemas» («problem-driven») y «apoyados en evidencias» («evidence-based»). Este parecido de familia queda capturado en los verbos que se usan para describir ambas actividades: *investigar* (buscar «vestigios» o huellas), *indagar* (conectado con «perseguir» y «dar caza»), *inquirir* y *pesquisar* (relacionados con «querer», en el sentido de «preguntar») e incluso «*recercar*» («volver a rodear/buscar») que no existe en castellano pero sí en casi todas las lenguas romances.

El análisis previo me lleva a proponer una tercera racionalidad, «híbrida», que «sueda» toques centrales de las otras dos. La llamo racionalidad «evidencial» y la identifico con el período de apogeo de la novela policiaca, cuyo «epítome» sería Agatha Christie. La racionalidad evidencial quedaría definida por su objetivo de hacer ver como plausible la «mejor explicación» para un determinado *estado de cosas* que se asume como problemático y a partir de una determinada *base de conocimiento* que se tiene por aceptada. Estas dos características *pragmáticas* acercarían el pensamiento científico al pensamiento detectivesco, policiaco, médico y forense.

Actividades didácticas basadas en material histórico

Entiendo que la expresión «historia de la ciencia» tiene al menos cuatro significados que conviene distinguir. Así, ella refiere a: 1. aquello que pasó en la ciencia de cada época; 2. una lectura intencionada («teórica») de eso que pasó; 3. una disciplina académica que investiga eso que pasó y que produce tales lecturas, y 4. una forma determinada de «contar» esa producción disciplinaria. Las historias de la ciencia de las que hablo en este trabajo se sitúan en el significado 4: son narrativas que usan fuentes de la historia de la ciencia mirada a través de las lentes de la filosofía de la ciencia y la didáctica de las ciencias para evitar que ella se torne «ciega», según la tan citada advertencia de Imre Lakatos.

Ahora bien, ¿qué lugar cabe dar a la racionalidad evidencial en la producción de historias de la ciencia que el profesorado de ciencias pueda usar en sus clases? Haré aquí algunas consideraciones sobre este tema utilizando para ello como contexto la postulación del modelo del «átomo planetario» por Ernest Rutherford. Las presentaciones canónicas de este modelo en los libros de texto hacen hincapié en aspectos como los siguientes:

1. El núcleo atómico se «descubre».
2. Los experimentos de Geiger y Marsden llevan al descubrimiento.
3. Los resultados de tales experimentos son inesperados y contradicen el modelo de Thomson.
4. Se «demuestra» que las dispersiones de ángulo grande se deben a un pequeño núcleo carga-

do positivamente y situado en el centro del átomo, y por tanto se «deduce» que la mayor parte del átomo es espacio vacío.

Sin embargo, el trabajo con fuentes históricas primarias y secundarias nos lleva a derrumbar rápidamente estas cuatro «certezas». Los experimentos de Geiger y Marsden no eran los únicos intentos de investigar la estructura de la materia por dispersión de partículas alfa (¡y beta!). Por lo menos desde 1908 James A. Crowther realiza intervenciones similares, y Thomson utiliza su modelo del «pudín de ciruelas» para explicar satisfactoriamente los resultados. Todo ello no es desconocido por el propio Rutherford:

Se ha supuesto generalmente que la dispersión de un haz [«pencil»] de rayos α o β pasando a través de una placa delgada de material es el resultado de una multitud de pequeñas dispersiones en los átomos de la materia atravesada. (Rutherford, 1911: 669)

Son entonces *tanto* la puesta en duda de la base de conocimiento de la época utilizado en la modelización de la dispersión *à la* Thomson (dispersión compuesta, debida a múltiples rebotes) *como* el intento de ajustar mejor los juegos de datos que se iban obteniendo al refinarse progresivamente los experimentos (probabilidades de dispersión para cada ángulo) los que llevan a Rutherford a abducir (*suponer*) la idea de la existencia de una divergencia de carga:

La teoría de Sir J. J. Thomson [...] no admite una deflexión grande de la partícula alfa atravesando un único átomo, *a menos que se suponga que el diámetro de la esfera de electricidad positiva es diminuta comparada con el diámetro de influencia del átomo.* (Rutherford, 1911: 670; la cursiva es del autor)

En una carta a William H. Bragg del 9 de febrero de 1911, Rutherford acusa a Crowther de usar demasiada imaginación y de ser incapaz de darse cuenta de dónde la teoría estándar es inaplicable; así prepara el camino para poder afirmar que su osada propuesta constituye lo que podríamos considerar la «mejor explicación»:

He inspeccionado el artículo de Crowther sobre dispersión con cuidado, y cuanto más lo examino más me maravillo de la manera en que él hizo que se ajustara [...] a la teoría de J. J. [Thomson]. De hecho, creo que yo puedo explicar la primera parte de su curva de dispersión [...]. (Eve, 2013 [1939]: 195)

A su vez, un testimonio muy posterior de Hans Geiger, recordando su trabajo con Rutherford en el invierno de 1910 a 1911, nos permite ver cómo la postulación del modelo se vuelve sobre los experimentos, requiriendo refinarlos a la luz de la nueva idea para encontrar mejores ajustes:

Un día Rutherford [...] vino a mi despacho y me dijo que ahora sabía cómo era el átomo [«what the atom looked like»] y cómo explicar las deflexiones grandes de partículas- α . Ese mismo día comencé un experimento para poner a prueba la relación esperada por Rutherford entre el número de partículas dispersadas y el ángulo de dispersión. (Eve, 2013 [1939]: 198)

Por último, es bien conocido que en la propuesta original contenida en el artículo de 1911, *que es de fuerte carácter hipotético*, Rutherford no usa aún la palabra «núcleo» y todavía oscila entre interpretar el centro de carga como positivo o negativo (cf. Dahl, 1997).

Con estas breves notas podemos volver ahora a los cuatro «hitos» de más arriba, repetidos acríticamente en muchos libros de texto, y hacer una reconstrucción muy diferente y con mayor valor didáctico (ver también Niaz, 2009):

1. El núcleo atómico se «inventa» en un intento de proveer una «mejor explicación» (más parsimoniosa, precisa, elegante, fructífera, etc.) para la acumulación de resultados de experimentos de dispersión.
2. Hay una gran cantidad y variedad de esos experimentos, que van aportando datos que servirán como «evidencia» a distintos modelos atómicos. La relación entre esa evidencia y cada modelo es compleja: se van apoyando y constriñendo mutuamente.
3. El modelo de Thomson (como todo modelo científico) ajusta *en ciertos grados y aspectos* los resultados experimentales, por lo menos hasta tanto no se rediseñan los montajes con la intención de «poner de relieve» la hipótesis de Rutherford.
4. El análisis matemático de la dispersión no «demuestra» la presencia de un núcleo: esta relación no puede ser jamás deductiva (por la llamada «infradeterminación de la teoría por la evidencia empírica»). La relación es más bien abductiva: se propone la idea del núcleo para dar cuenta de los hechos y luego esa idea va imponiéndose a sus rivales merced a su valor epistémico y a factores de contexto.

Así, el episodio histórico de Rutherford reconstruido con mi «modo de racionalidad evidencial»

muestra que los datos de los experimentos no llevan sin ambigüedades a la formulación de teorías, y que datos experimentales similares pueden ser interpretados de varias maneras diferentes. (Niaz, 2009: 86)

Una narrativa de este estilo, por una parte, resulta mucho más respetuosa de los hallazgos de los historiadores de la ciencia y, por otra, permite enseñar al estudiantado contenidos importantes de la llamada «naturaleza de la ciencia».

Referencias bibliográficas

BRUNER, J. (1991), «The narrative construction of reality», *Critical Inquiry*, 18, **1**, 1-21.

DAHL, P. F. (1997), *Flash of the cathode rays: A history of J.J. Thomson's electron*, Bristol, Institute of Physics Publishing.

EVE, A. S. (2013), *Rutherford: Being the life and letters of the Rt Hon. Lord Rutherford*, O.M., Cambridge, Cambridge University Press. (Edición original de 1939.)

HACKING, I. (2002), *Historical ontology*, Cambridge, Harvard University Press.

HACKING, I. (2012), «Language, truth and reason: 30 years later: Abstract» [en línea] <http://www.cilt.uct.ac.za/sites/default/files/image_tool/images/160/Conference%20abstracts.pdf> (Último acceso: 01.04.2016.)

IZQUIERDO-AYMERICH, M. (2014), «Pasado y presente de la química: Su función didáctica». En: MERINO, C.; ARELLANO, M.; ADÚRIZ-BRAVO, A. (eds.). *Avances en didáctica de la química: Modelos y lenguajes*, Valparaíso, Ediciones Universitarias de Valparaíso, 13-36.

NIAZ, M. (2009), *Critical appraisal of physical science as a human enterprise: Dynamics of scientific progress*, Dordrecht, Springer.

RUTHERFORD, E. (1911), «The scattering of alpha and beta particles by matter and the structure of the atom», *Philosophical Magazine*, Series 6, **21**, 669-688.

WINTHER, R. G. (2012), «Interweaving categories: Styles, paradigms, and models», *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, 43, **4**, 628-639.