

MECÁNICA CUÁNTICA ACAUSAL SOCIALMENTE DETERMINADA: REVISIÓN CRÍTICA*

Socially determined acausal quantum mechanics: Critical Review

Favio Cala Vitery

Universidad Jorge Tadeo Lozano

Stefan Pohl Valero

Universidad Javeriana

RESUMEN

En su artículo titulado *Weimar Culture; Causality and Quantum Theory, 1918-1927: Adaptation by German Physicists to a Hostile Intellectual Environment*, Paul Forman intentó dibujar una historia de la vieja mecánica cuántica según la cual la influencia cultural de la época resultó determinante en la introducción, aceptación y asimilación de la acausalidad en esta teoría. Estas afirmaciones conocidas como *las tesis de Forman*, son puestas en perspectiva historiográfica, es decir, desde el panorama ofrecido por las tensiones propias de la historiografía y la filosofía de la ciencia contemporánea se perfila su importancia. Se argumenta que el dilema del determinismo es central en esta discusión y finalmente se presenta una breve revisión crítica de las tesis de Forman revelando sus principales debilidades.

Palabras Clave: Forman, mecánica cuántica, determinismo, acausalidad, historiografía.

ABSTRACT

In his article entitled *Weimar Culture; Causality and Quantum Theory, 1918-1927: Adaptation by German Physicists to a Hostile Intellectual Environment*, Paul Forman intended to depict a history of the old quantum mechanics according to which contemporary cultural influence turned out to be decisive in the introduction, acceptance and assimilation of acausality within the theory. These statements –known as the Forman thesis– are placed in historiographic perspective; i.e. their importance is shown using the framework provided by the characteristic tensions of historiography and philo-

* **Recibido** Diciembre de 2007; **aprobado** Marzo de 2008.

sophy of science. It is argued that the dilemma of determinism is essential in this discussion. Finally, a brief critical review of the Forman thesis is offered emphasizing some of its major weaknesses not previously discussed in the literature.

Keywords: Forman, Quantum Mechanics, Determinism, Acausality, Historiography.

1. Las Tesis de Forman y su Lugar en la Historiografía

En 1955, en el prefacio a su *Historia Social de la Ciencia*, el historiador británico John D. Bernal escribió (Bernal [1978], 23):

En los últimos treinta años, y debido en gran parte a la influencia del pensamiento marxista, se ha abierto paso a la idea de que no sólo los medios empleados por los científicos naturales sino incluso las mismas ideas directrices de su enfoque teórico están condicionados por los acontecimientos y las presiones de la sociedad.

Con estas palabras, Bernal dibujaba las crecientes tensiones que entre los historiadores de la ciencia propiciaron la gestación de un amplio debate historiográfico. Se trataba de la polémica que enfrentó a quienes abogaban por un desarrollo histórico internalista, que proyectaba la imagen de una ciencia construida mediante experimentos, contenidos formales y abstracciones matemáticas, contra quienes veían la ciencia como un organismo condicionado por factores externos, fueran éstos la sociedad, la economía, la política o la cultura. La historia de las ideas y los grandes discursos heroicos contra una historia al estilo marxista. El debate fue coloreándose progresivamente para dar sentido a la discusión historiográfica que hoy obliga a tenerlo como telón de fondo para cualquier aventura que pretenda la reconstrucción histórica y filosófica del cambio científico.

De cualquier manera, dejando de lado las sutilezas filosóficas en favor de una u otra tendencia historiográfica o del vano intento por establecer una frontera diáfana entre los dos enfoques, el debate *internalista-externalista*, juzgado con el beneficio de la mirada retrospectiva, pareció situar a sus participantes en posiciones radicales y un tanto ingenuas. Si por una parte se acusaba a los internalistas de desconocer la injerencia social en la elaboración científica y de caer en la tentación de conferir vida propia al decurso de las ideas o al tercer mundo popperiano, a los externalistas se les acusaba de subestimar con demasiada frecuencia el valor heurístico de la actividad científica y la estructura formal de sus contenidos¹.

¹ Al respecto, véase Rossi [1990], cap. 5.

A pesar de las discrepancias, que hasta entonces hacían ahondar la polémica, aquí es preciso señalar que hubo un acuerdo tácito que surcó el discurso de las diversas narrativas históricas y que sólo hoy, debido a la sacudida posterior en la disciplina, viene a cuento resaltar. Y es que hasta hace algunas décadas casi todos estaban dispuestos a conceder que aunque factores externos condicionaran el desarrollo científico, esto se traducía en la imposición de líneas dominantes de investigación o en la articulación de condicionamientos programáticos, mas no en la objetividad de los contenidos².

De modo que cuando un historiador se planteaba la pregunta por las fuerzas y motivos que orientaron tal o cual interés científico o, lo que es igual, que determinaron el conjunto de problemas incorporados a la ciencia, parecía obligado a ubicar esta dependencia ya fuera en factores socio-culturales (externalistas) o en inquietudes científicas individuales (internalistas), que hacían eco de el flujo empuje del mundo de las ideas. Fuere cual fuere el caso, a los contenidos de ciencias como la física, la química o la biología, no podía desconocerles un cierto valor objetivo; es decir, la naturaleza, de alguna manera, todavía se las arreglaba para hablar inmunemente a través de la ciencia, para revelar su estructura, o para preservar su identidad ontológica. Todavía quedaban trazas, entre la mayoría de los historiadores de la ciencia, del pensamiento romántico según el cual la verdad termina abriéndose camino en la ciencia, triunfa con su luz.

Según los exponentes de la temprana historia social de la ciencia, las presiones externas parecían simplemente señalar el lugar donde la verdad debía buscarse; condicionaban el territorio de investigación señalando un camino a seguir para resolver un conjunto de interrogantes a fines prácticos. Sin embargo, la solución a tales problemas parecía aún resguardada, en parte, para el libre decurso de la ciencia como actividad que decanta la verdad objetiva. Puede el científico verse envuelto en una atmósfera que lo obliga a investigar tal o cual problema, pero la solución a este desafío es una cuestión científica; el contenido, los resultados y la trama de sus apreciaciones, han de aparecer ajenos a la injerencia exterior, de otra forma la exaltada objetividad de su oficio, se vería manchada. Tampoco el historiador, encargado de recuperar y reconstruir con las trazas del pasado los avatares de la actividad científica, parecía empeñado en mancillar la imagen objetiva de la ciencia natural.

Para ilustrar con alguna claridad lo anterior, detengámonos un instante en dos conocidas tesis en la historia de la ciencia externa. En 1935, Robert

² El ejemplo clásico de esta postura lo aporta Merton [1938].

K. Merton defendió su tesis doctoral titulada *Science, Technology and Society in Seventeenth Century England* (Merton [1938]). Uno de los temas centrales que allí se consignaron, el puritanismo y la ciencia, que pronto pasaría a conocerse como la tesis de Merton, puede resumirse así:

Durante los siglos XVI y XVII se estableció una ética puritana que, en concordancia con el naciente espíritu científico insular, enfatizaba la naturaleza utilitaria de la ciencia y, dada su orientación práctica, estimulaba la corriente experimental que hizo florecer notablemente la ciencia inglesa. Según Merton, el puritanismo alteró las orientaciones sociales y condujo al establecimiento de una nueva jerarquía vocacional que se tradujo en un gran impulso para la ciencia. Merton encontró en Robert Boyle al más emérito representante de sus argumentos. Infatigable seguidor del programa baconiano, Boyle parece substanciar, en buena medida, las controvertidas conclusiones de Merton.

Por otra parte en 1931, en un artículo titulado *The Social and Economic Roots of Newton's Principia*, Boris Hessen justificaba el incomparable desarrollo de la ciencia natural, y más particularmente de la mecánica, durante los siglos XVI y XVII como consecuencia de las necesidades creadas por el capitalismo prematuro (Hessen [1971]). La desintegración de la economía feudal, el surgimiento de un mercado de capital, el establecimiento de relaciones marítimas internacionales y de la emergente industria pesada, se cuentan como algunas de las raíces que, según Hessen, condicionaron el desarrollo científico y la misma estructura temática de los *Principia*. Según Hessen, los *Principia* pueden entenderse como la respuesta a un conjunto de retos tecnológicos, si no planteados, al menos puestos en evidencia por las necesidades de una nueva clase social, la burguesía.

Desde que fueron publicados, tanto el artículo de Hessen como la tesis doctoral de Merton han sido delicadamente escrutados (e.g. Mendelsohn [1989] y Gideon [2005]). Ha llovido demasiado desde entonces, así que soslayando los argumentos sobre la validez de una u otra tesis, está claro que en ambos casos se establece un esfuerzo por rastrear y determinar los precondicionamientos socio-culturales de los nacientes progresos científicos. Ya se ha dicho, se trata de dos tesis de la historia externa. Sin embargo muy a pesar de las enormes desavenencias que hayan objetado los discrepantes abogados de la corriente interna, estos reparos siempre se situaron a nivel heurístico, alrededor de las posibles causas para la innovación y el desarrollo teórico. Parecía entonces, que los historiadores podrían rasgarse las vestiduras intentando mostrar que Newton, abstraído en la empírea sustancia de su pensamiento, cristaliza sus leyes del movimiento ajeno a las banales presiones de la burguesía o, invirtiendo retóricamente la hipótesis, que las

leyes del movimiento efectivamente obedecen al enorme influjo burgués y son una mera abstracción formal de la solución a sus necesidades.

Con todo y para todos, las leyes de Newton son las leyes del movimiento, y el genial Sir Isaac Newton, más allá de si sus motivaciones y su ciencia sucumbieron al influjo de las presiones sociales o si sus intenciones fueron loables u oscuras, ha logrado asir la estructura del movimiento. Su ciencia no es una construcción contingente ni puede expresarse de otra forma. Lo mismo cabe para el insigne filósofo experimental, Robert Boyle. Sus trabajos con la bomba neumática y la ley que lleva su nombre, hayan sido concebidos dentro de la lógica impuesta por el ejercicio de un puritanismo científico u obedezcan a su incesante curiosidad, traducen parte de la trama natural. La ciencia objetiva podía presentar su historia desprovista de la grandilocuencia de los mitos románticos pero su contenido hablaba de una realidad única, de unos principios naturales inmunes a los designios y pasiones de sus observadores. Hasta entonces, en medio de este tupido debate historiográfico, la verdad y la naturaleza se habían abierto camino.

Lo anterior ha de ser subrayado porque desde que Thomas S. Kuhn publicó en 1962 su *Structure of Scientific Revolutions*, la complejidad de la empresa científica ha quedado en evidencia. Kuhn ha enseñado que la validez de la teoría no depende exclusivamente de la claridad interna de su contenido, que el cuerpo de lo que él llama un paradigma científico se sostiene por razones que suelen, en ocasiones, obedecer más a la sociología que a la lógica.

También es preciso reparar en que, con la consecuente importancia atribuida a la participación de las comunidades científicas en la articulación socio-cultural de los contenidos de la ciencia, Kuhn estableció un punto de inflexión en la historiografía (Solís [1994]). Dejó entrever que en la sofisticada elaboración de los contenidos científicos los factores externos podían jugar un papel determinante que no se limitaba, como en el caso de las conocidas tesis marxistas, a indicar una línea de investigación o un orden programático sino que además participaban en la construcción formal de la teoría misma. Y este pensamiento que ya podía adivinarse en las insinuaciones de Bernal, fue tomado bastante en serio.

De este modo si antes de Kuhn, el historiador de la ciencia externa podía preguntarse, por ejemplo, si Galileo fue conducido a investigar el movimiento local urdido por la inconsciente presión reclamada por la apremiante industria balística contemporánea, hoy puede incluso, siguiendo a los más radicales intérpretes de la nueva sociología científica, plantear que el movimiento parabólico es una construcción, que un hecho científico se construye, que la sociedad y la cultura habitan en el seno de la ciencia, participan activamente en el cambio histórico articulando su contenido. No nos deten-

dremos en lo que ha significado Kuhn para la nueva sociología de la ciencia ni para la interpretación socioconstructivista del cambio científico³, pero repararemos nuevamente en que su trabajo se convirtió en piedra angular y apoyo para quienes defienden esta forma de entender el proceso histórico y cultural en la actividad científica.

No se trata de llover sobre mojado ni de repetir lo que a muchos puede antojarse obvio, cuando no sólo un puñado de historiadores afirman la hipotética construcción de la realidad, sino que, incluso entre científicos notables empieza a hacer carrera la idea de que acaso la ciencia no sólo traduzca a la naturaleza sino también a la sociedad y que incluso se componga bajo su tutela. La sospecha ha calado hondo y la ontología se sacude. El historiador seducido por la belleza y plasticidad del discurso internalista, donde las ideas fluyen y se decantan siguiendo una lógica y una estética casi incuestionables, al memorable estilo de Koyré, no puede ignorar la presencia de factores externos en la elaboración del contenido científico, porque incluso, ellos, los científicos que ocupan su tiempo y su mente en dar forma al complejo contenido de la ciencia contemporánea, han empezado a conceder que acaso ésta es una actividad humana inseparable del contexto social y cultural donde se realiza.

Pensemos, por ejemplo, en el Nobel Illya Prigogine, quien ha llegado a preguntarse por los matices personales que el carácter de Boltzmann pudo imprimir a sus conocidas relaciones estadísticas. No es este un asunto banal, pues Prigogine deja entrever la posibilidad de que los constructos de la física estadística dependan en este singular episodio de la psique del atormentado científico alemán. Cámbiense las circunstancias de Boltzmann, ¿cambia la física estadística? Al rotundo no, que esperaríamos como respuesta unánime hace algunas décadas, se ha interpuesto una cortina de humo que le ha puesto bajo sospecha. ¿Quién se hubiera atrevido a insinuar que si la teoría de gravitación hubiera sido concebida en otra cultura probablemente sería diferente? ¿Es la curvatura del espacio-tiempo una construcción cultural reciente o esperaba desde que el tiempo es tiempo a que fuese revelada? Pues bien, hoy este tipo de preguntas flotan en el aire. Han salido a la luz sin calificaciones esotéricas.

Afirmar que cualquier teoría estética o corriente literaria dependa de la sociedad y la cultura parece una trivialidad, no así la misma sentencia con respecto al contenido de la ciencia. Es costumbre suponer que, por ejemplo, el muralismo mexicano es una corriente plástica que recoge el sufrimiento de la clase trabajadora y que pone de manifiesto la rebeldía contenida de un

³ Al respecto, véase Golinski [1998], cap. 1.

pueblo oprimido políticamente, que la presión sociopolítica con su intensa carga emocional se lee en la habilidad plástica de los muralistas, pero, saltando a la esfera científica sería lícito preguntar si, por ejemplo: ¿Debe la mecánica cuántica su formalismo acausal al ambiente cultural de la república de Weimar? ¿El existencialismo alemán de los años 20 traduce parte de su desencanto histórico en la elaboración de la física cuántica? Y si este fuere el caso, ¿Circula la fuerte creencia de que acaso sea pertinente la eliminación de los criterios para caracterizar la verdad de una teoría por ser ellos mismos fantasmas o ilusiones condicionados culturalmente? ¿Dónde queda el semblante victorioso y sólido de la ciencia como un puro cristal transparente que permite la imagen de una realidad objetiva?

No es este un interrogante que pretenda resolverse aquí y pese a que todo lo anterior puede parecer la exposición de una anacrónica proyección historiográfica, el pecado puede permitirse por cuanto ilustra parte de la compleja urdimbre a que se enfrenta el contemporáneo historiador y —o— filósofo de la ciencia y de paso permite preparar el terreno para ubicar en su contexto uno de los más interesantes ensayos en la historia de la física reciente, a saber, el conocido y polémico artículo publicado en el volumen tercero (1971) de *Historical Studies* bajo el título de *Weimar Culture; Causality, and Quantum Theory, 1918-1927: Adaptation by German Physicists and Mathematicians to a Hostile Intellectual Environment*. Su autor, Paul Forman, intentó dibujar una historia de la ciencia en la que, como puede colegirse del título de su trabajo, la influencia cultural de la época ejerce un papel determinante en la aceptación, introducción y asimilación de la acausalidad en la vieja mecánica cuántica.

La especial atención que Forman ha dedicado a los factores de tipo externo, amparado por importantes fuentes documentales, han hecho que su trabajo se convierta en una referencia obligada en la historia y filosofía de la física, sin que esto signifique que haya sido ajeno a todo tipo de crítica. John Hendry, refiriéndose a este artículo escribió (Hendry [1980], 156):

This paper is widely recognized as being of the utmost importance, both as the first attempt to analyze the dramatic ideological changes that accompanied the development of quantum mechanics, and as major milestone in science historiography.

En breve se presentará lo que pretende ser una sucinta exposición comentada del citado artículo de Forman, no sin antes referir algunos aspectos de interés en su trabajo como historiador de la física.

Forman se doctoró en historia en 1967 por la Universidad de California, Berkeley. Su tesis doctoral *The Environment and Practice of Atomic Physics in Weimar Germany: A Study in the History of Science* contiene el

germen de su carrera científica, dedicada principalmente a elucidar el nutrido entorno de la física alemana de las primeras décadas del siglo XX. Formado en el entorno de Thomas S. Kuhn, antes de doctorarse, entre febrero de 1962 y mayo de 1964, Forman ya había participado en uno de los más notables proyectos para el desarrollo de la historia de la física del siglo XX, se trataba del proyecto encargado por el comité conjunto de la *American Physical Society* y la *American Philosophical Society* encaminado a documentar las fuentes primarias indispensables para la reconstrucción detallada de la historia de la mecánica cuántica. El informe final del célebre proyecto (1967) dirigido por Kuhn, con la colaboración de John L. Heilbron y Lini Allen, y en el que Forman ofició como editor y archivero, se conoce como *Sources for History of Quantum Physics*. No sobra decir que la experiencia adquirida por Forman en este proyecto ha resultado de suma importancia en su carrera y en cierta medida ha orientado el curso de la misma. Nuestro interés se centrará en lo que la comunidad de historiadores de la física ha acordado en llamar *Las Tesis de Forman*, esto es, el conjunto de conclusiones, que según los académicos debían extraerse del citado trabajo de Forman sobre la cultura en la república de Weimar y la acausalidad cuántica.

2. El Dilema del determinismo

Siendo uno de los ensayos más controvertidos de la historia de la ciencia externa, el trabajo de Forman, a nuestro juicio, ha acaparado buena parte de su interés no sólo por la novedad y el rigor metodológico con que se pretende argumentar, sino, en buena medida, porque se ha decidido por un tema crucial en la historia de la física reciente.

No se trata de un episodio aislado en el desarrollo progresivo de una ciencia, de aquellos que ilustran la modificación de una teoría o el refinamiento de un descubrimiento, sino del intento formal por estudiar una de las más grandes transformaciones científicas de que hemos sido testigos durante el siglo XX.

Por consiguiente, pese a que Forman circunscriba su estudio a un período cronológico y a un lugar geográfico muy concretos, las profundas implicaciones y la vasta repercusión que ha significado este singular episodio científico, obligan a una lectura que demanda una atención en perspectiva.

Nos explicamos. Aunque Forman limite sus consideraciones al espacio geográfico de la república de Weimar y al período transcurrido entre 1918 y 1927, esto es, desde finales de la primera guerra mundial hasta el advenimiento de la mecánica matricial, ha escogido uno de los momentos que significaron una de las transformaciones más substanciales en la historia de la física, una transformación que afectaría radicalmente nuestra forma de

entender la materia y, por consiguiente, el mundo físico. Se trata precisamente del momento histórico en que el determinismo, ese símbolo paradigmático del triunfo de la mecánica clásica y de las ciencias físicas, ve profanada su hasta entonces incuestionable repercusión en la cultura y el pensamiento científicos.

Pongamos previamente todo esto en perspectiva. Cuando Newton enseñó que la naturaleza, o al menos parte de ésta, era predecible, que la trayectoria de una partícula material podía describirse y proyectarse en el tiempo, pareció inaugurar una forma de pensamiento. Se trataba del determinismo causal que progresivamente iría inflando su dominio desde la mecánica analítica al conjunto de la física. Allí escribió sus más doradas letras en la figura de Laplace, quien reclamando una especie de demiurgo omnipresente que le suministrase los datos iniciales del mundo, se atrevió a sentenciar la predictibilidad de todo lo venidero. El futuro, como el mundo, estaría dado de una vez y para siempre. Esta forma de entender el universo científico, apoyada en la dinámica de Newton y encumbrada por el determinismo laplaciano, quiso propagarse hacia otras esferas del conocimiento.

No es redundante decir que el determinismo pareció erigirse como el fondo continuo sobre el cual se apoyaba la empresa científica, de hecho para muchos se convirtió en algo así como un cartón de identidad del investigador científico. Y es precisamente esta identidad entre el determinismo causal y las ciencias físicas una de las claves hermenéuticas que entrañan una de las más grandes dicotomías culturales desde la Ilustración. Porque mientras la mayoría de las ciencias nacidas del seno de la filosofía natural, como la dinámica, el electromagnetismo, y la termodinámica clásica, arrojadas por el triunfo paradigmático de la mecánica newtoniana, fueron gradualmente demarcando su especialidad y perfilaron su carácter como ciencias causales, deterministas y exactas, este modelo resistió su notable influjo en las ciencias de la vida, la sociedad y la cultura.

Mientras las ciencias exactas, y más particularmente aquellas disciplinas cobijadas bajo el nombre genérico de física, encontraron regularidades que permitían dibujar con precisión la imagen de un universo *simple y concorde consigo mismo*, como quería Newton, o mecánico, descifrable y predecible cual reloj, como había postulado la filosofía mecánica; las ciencias de la vida, en su interés por la evolución, indicaron territorios inciertos, nebulosos y, por momentos, inaprensibles. Así, la física –la ciencia de lo mecánico– con su precisión, predictibilidad y exactitud fría y necrológica, fue percibida como antagónica de lo vivo, como opuesta a lo orgánico, y por lo mismo, como irreconciliable con las esferas intelectuales que se ocuparon de la vida, la sociedad y, desde luego, la cultura.

Esta dicotomía que ha trazado un abismo entre las llamadas ciencias exactas y las ciencias sociales, que separa la vida y la cultura de la materia inerte, ha sido largamente alimentada por el “dilema del determinismo”⁴. El determinismo laplaciano, que desde el corazón de la física retrata un universo mecánico cuyas criaturas, de obedecer a sus mismos principios, no serían más que autómatas cuyo libre albedrío se antojaría como una mera ficción, no probó su misma eficacia para colar su vasto influjo en la contraparte de la vida, la sociedad y la cultura, pues allí el mundo evoluciona, desconoce el equilibrio mecánico y resguarda un lugar para el impulso creativo, la decisión, la libertad y el devenir.

Recordemos a Boltzmann y su atormentada existencia, pensemos en la renuencia decimonónica a aceptar la estadística como una solución interpretativa en el contexto de la física fundamental. La inmensa carga atávica del determinismo relegó la física estadística de Boltzmann a la categoría de teoría fenomenológica. Esto es, fue empleada y entendida como un recurso formal para solventar nuestra limitación para acceder a la plenitud de los datos que caracterizan un sistema de muchas partículas. De esta forma el corazón determinista de la mecánica fundamental fue inicialmente blindado contra el indeterminismo estadístico. Pero el cambio de siglo trajo consigo el cambio en la imagen del micromundo atómico. Y cuando la formulación definitiva de la mecánica cuántica impuso la estadística y, con ésta, su principio de incertidumbre en el corazón mismo del átomo, muchos vislumbraron el camino que permitiría diluir el ancestral dilema del determinismo. Alegrementemente vieron la posibilidad de reconciliación entre el libre albedrío que todos reclaman para sí en la vida y el ahora incierto mundo de la física atómica. Con todo y lo audaz o apresurada que esta extrapolación pueda antojarse, pues rápidamente se pasaba de la incertidumbre subatómica a la libertad individual, en cualquier caso ésta sirvió para ablandar la imagen del mundo que se proyectaba desde la física mecanicista.

La incertidumbre era ahora –vía cuántica– impuesta por la naturaleza, ya no nacía de las limitaciones del sujeto perceptor. De aquí que muchos llegaron incluso a apoyar un espacio para la creación, la evolución y la libertad, en la imagen ‘acausal’ que ahora se gestaba desde el universo mecano-cuántico⁵.

⁴ La frase entrecomillada es de Prigogine (véase Prigogine [1997]).

⁵ El salto de la incertidumbre subatómica a la libertad individual ha sido un lugar común difundido especialmente por divulgadores de la ciencia e investigadores de las ciencias sociales. También hay quien ha querido apoyar el relativismo cultural en el principio de relatividad de las teorías de Einstein. En uno y otro caso las extrapolaciones son groseras. La mecánica cuántica puede entenderse como una teoría determinista como lo ha hecho Bohm –o como la

Volvamos a Forman. ¿Qué lugar ocupan sus famosas tesis en toda esta discusión? Aquí hemos reparado en que la acausalidad o la incertidumbre cuánticas, significaron en cierta medida una relajación de la tensa dicotomía entre los dos mundos, un primer bálsamo para diluir lo que aquí se ha llamado el dilema del determinismo. Pues bien, Forman propone que fue precisamente esta tensión, este dilema del determinismo, circunscrito a unas condiciones geográficas y socio-culturales muy precisas, lo que precipitó la asimilación de la acausalidad en la formulación de la naciente mecánica cuántica; que la presión externa por ablandar la imagen de la ciencia física para reconciliarla con una valoración adecuadamente humanista propició la articulación del contenido acausal de la física cuántica. A nuestro juicio esta es una de las principales razones que han hecho que las tesis de Forman no puedan pasar desapercibidas, porque al lado de la interpretación tradicional según la cual la teoría cuántica debió su formulación al avance tecnológico y a su propio desarrollo interno, sostiene que estos cambios se debieron a la presión externa. Y ésta fue alimentada por el dilema del determinismo que encontró su máxima sintonía en el ambiente socio-intelectual de la República de Weimar, en el cansancio y la desmoralización de una nación que, tras la guerra, tradujo parte de su desencanto en una negativa valoración de la empresa científica y de los ideales de sus practicantes.

41

3. Las tesis de Forman

Conviene a continuación recapitular en los planteamientos de Forman. En su más controvertida tesis Forman sostiene que fueron fundamentalmente los factores externos, representados en este caso, por la atmósfera cultural del medio ambiente intelectual de la República de Weimar, los principales responsables de la aceptación e introducción de la acausalidad en la mecánica cuántica. De resultar cierta esta conjetura se convertiría en un inmejorable ejemplo de la repercusión de los factores externos en la asimilación del contenido científico. No es la intención de este escrito probar la veracidad de la misma, pero si nos detendremos en una sucinta reconstrucción de la línea argumental seguida por Forman para justificar sus afirmaciones. Veamos. El concierto general de sus argumentos puede sintetizarse en estas líneas (Forman [1984], 42):

entiende Prigogine— y el principio de relatividad es tan sólo una extensión de los invariantes de las teorías espaciotemporales. El nombre de la teoría es desafortunado. Aquí estas ideas son recogidas para retratar el clima intelectual pertinente, pero no es la intención someterlas a atento escrutinio conceptual.

...repentinamente desprovistos, debido a un cambio de los valores públicos, de la aprobación y prestigio de que habían disfrutado antes y durante la Primera Guerra Mundial, los físicos alemanes fueron impulsados a alterar su ideología e incluso el contenido de su ciencia para recobrar así una imagen pública favorable. En particular muchos decidieron que de una manera u otra, debían desembarazarse del albatros de la causalidad.

Pues bien, queriendo mostrar cómo se alteró el contenido de la física para liberarla de la causalidad, Forman ha procedido metódicamente en tres pasos que han sido identificados con cada una de sus tesis.

En primer lugar Forman se propone caracterizar la atmósfera intelectual de la República de Weimar; una atmósfera intelectual que, según él, había sido profundamente afectada, como cabría esperar, por las circunstancias sociopolíticas de la derrota alemana en 1918. En particular el clima intelectual, tras la fe perdida en la emblemática fuerza y poderío que identificaron a la empresa científica antes y durante la guerra, volcó sus esperanzas en un renacimiento de la filosofía romántica y existencialista, que privilegiaba la vida, el arte y la fantasía en contraposición al materialismo mecanicista etiquetado a la ciencia. Ahora bien, esta pintura de la cultura intelectual, es acentuada principalmente por la amplísima difusión del libro de Ostwald Spengler titulado *La Decadencia de Occidente*. Para probar su caso Forman se sirve del influjo del libro en algunos de los científicos de la época. El libro recoge el clima intelectual y ahonda el sentimiento existencialista en la esfera académica. En particular el libro de Spengler defendía un relativismo cultural que pretendía extenderse a la física y la matemática. Al lado de, por ejemplo, la música el arte y la religión; la física y la matemática pretendían ser tratadas como objetos completamente condicionados culturalmente ya que cada cultura tendría sus propias posibilidades nuevas de auto-expresión que surgen, maduran, declinan, y nunca vuelven. En palabras de Spengler (citado en Forman [1984], 83):

No existe una escultura, una pintura, una matemática, una física, sino muchas, cada una diferente de la otra y en su esencia más profunda, cada una limitada en duración y auto-contenida.

No es de extrañar, entonces, que se renegase de la física mecanicista aún vigente para, en consonancia con la nueva atmósfera cultural vitalista, con el clima de *lebensphilosophie* reinante, reclamar una nueva ciencia física o anunciar el ocaso de la racionalidad y el pragmatismo que hasta entonces identificaron la fría y demoledora actitud del ejercicio científico. Porque ahora el sentimiento se exaltaba y se revaloraba al lado del decadente proceder del puro intelecto y este puro intelecto, apologético del espíritu científico, del pensamiento racional, mecanicista y, sobre todo, de la

frialdad de la ley causal, se percibía como hermano del fracaso y portador de la muerte. Pongamos algo de esto en palabras de Spengler (citado en Forman [1984], p 62):

Me refiero a la oposición entre la idea del sino y el principio de causalidad, una oposición que, en su profunda necesidad de configuradora del mundo, no ha sido reconocida hasta ahora como tal... Si no es una palabra para una indescriptible certidumbre interna. Uno clarifica la esencia de lo causal mediante un sistema físico o epistemológico, mediante números, mediante análisis conceptuales... el uno nos exige desmembrar, el otro crear, y aquí yace la relación del sino con la vida y de la causalidad con la muerte.

Forman ve en la influencia de Spengler el establecimiento, no infundado, de la identidad entre física y causalidad que se extendería en la atmósfera intelectual de la República de Weimar para ser percibidas, la una de la mano de la otra, en su talante más peyorativo. También dice haber demostrado, como aquí se ha pretendido resumir, que (Forman [1984], 91):

Tras la derrota de Alemania la tendencia intelectual dominante en el mundo académico de Weimar fue una filosofía de la vida neo-romántica existencialista, manifestada en crisis y caracterizada por un antagonismo hacia la racionalidad analítica en general y hacia las ciencias exactas y sus aplicaciones técnicas en particular. Implícita o explícitamente, el científico era la víctima propiciatoria de las incesantes exhortaciones a la renovación espiritual, mientras que el concepto –o la mera palabra– causalidad simbolizaba todo lo que era odioso de la empresa científica.

Una vez caracterizado el medio ambiente intelectual, una vez establecida la hostilidad que esta atmósfera socio-cultural implicaba para el ejercicio científico, Forman se propone mostrar la repercusión y los efectos producidos por esta presión externa, que según él, se tradujo directamente en una capitulación al spenglerismo por parte de importantes figuras. Cito su conclusión en este sentido (Forman [1984], 99):

Los ejemplos precedentes –especialmente los casos de Von Mises y de Doetsch– demuestran muy claramente que existieron físicos matemáticos que llegaron tan lejos en la asimilación de los valores y talante de sus medios ambientes intelectuales que repudiaron efectivamente sus propias disciplinas. Estos casos demuestran, además, que este proceso de adaptación ideológica al medio ambiente intelectual fue, explícita o implícitamente una capitulación al spenglerismo.

Pero, ¿en qué consistió esta capitulación al spenglerismo?

Pues bien, según Forman, esta suscripción general durante la República de Weimar a la corriente spenglerista, se dio en dos fases. La primera, y tal vez la menos controvertida, consistió en la adaptación de la justificación moral de la actividad científica, en la adaptación de su valoración como una actividad integral en la sociedad. Es decir, si antes y durante la guerra, la principal justificación para el ejercicio de la ciencia estaba alimentada por fines prácticos como su utilidad para el desarrollo tecnológico y militar, aho-

ra, en congruencia con el spenglerismo y el clima cultural, se exaltaba la ciencia, cual manifestación estética, como actividad creativa y vital que pretendía librarse del necrológico estigma mecanicista.

Ahora bien, tras esta adaptación, que no pretendía más que la recuperación del degradado valor de la empresa científica, viene el paso más polémico de las tesis de Forman. Se trata de mostrar ahora la adaptación del contenido de la ciencia a este clima intelectual. Se trata de mostrar que efectivamente *la presión externa fue la principal causa para la modificación del contenido de la física atómica*. Este paso se produciría, como ha quedado claro, mediante la eliminación de la repudiada causalidad. Leamos la que suele ser la más polémica de las tesis de Forman (Forman [1984], 88):

He ilustrado y he hecho hincapié en el hecho de que el programa de abandonar la causalidad en la física fue, por una parte, promovido de manera bastante repentina después de 1918, y, por otra parte, que consiguió una aceptación muy sustancial entre los físicos alemanes antes de que se viese justificado por la llegada de una mecánica fundamentalmente acausal. Sostengo, además, que el contenido y contexto científico, la forma y nivel de exposición, las ocasiones y los vehículos escogidos para la publicación de manifiestos en contra de la causalidad, todo lleva ineludiblemente a la conclusión de que *los problemas sustanciales de la física atómica solamente jugaron un papel secundario en la génesis de esta persuasión acausal, que el factor más importante fue la presión socio-intelectual ejercida sobre los físicos como miembros de la comunidad académica alemana*⁶.

Las tesis de Forman no han pasado desapercibidas por lo que ya se ha dicho, por su lugar en la historiografía, por la originalidad para abordar un episodio crucial en la historia de la física, por la complejidad del tema intentado. Aquí no intentaremos reforzar o descartar la viabilidad de las pretensiones de Forman, un estudio detallado de su trabajo en este sentido escapa a las pretensiones de este artículo. Pero si recuperaremos un par de comentarios respecto a su alcance. La primera tesis, es decir, la caracterización del medio cultural en el talante de la *lebenphilosophie*, y la segunda, a saber, la adaptación de la ideología y de la valoración científica a este ambiente intelectual parece haber aprobado el consenso general. Sin embargo la tercera tesis, la que justifica los cambios en el contenido de la física atómica como un efecto de la presión externa no deja de ser polémica y su lectura deja un sabor agri dulce.

Por ejemplo, John Hendry, quien defiende una historia interna de la mecánica cuántica, reconoce que los físicos pudieron ser influenciados por la conciencia de crisis de la posguerra y por las actitudes características de la

⁶ Énfasis nuestro.

atmósfera de Weimar, pero por otra parte, señala al trabajo de Forman, no sin ironía, como una demostración de los peligros de un tratamiento puramente externo y de la pobreza de cualquier reduccionismo social ingenuo (Hendry [1980]). Por su parte Hans Radder, al igual que Hendry, encuentra problemático el concepto de lo que puede considerarse una explicación operada por causación sociológica y reprocha a Forman no haber presentado un mecanismo sociológico claro para justificar sus argumentos (Radder [1983]). Estamos de acuerdo. En cualquier caso, Radder tampoco ve grandes problemas en las dos primeras tesis, y aunque reconoce la influencia externa en el contenido de la física cuántica, propone un desplazamiento en el nivel de esta influencia en la figura de Kramers y argumenta que en este caso la repercusión de la presión social sólo puede entenderse con la mediación de la postura epistemológica del científico.

Para cerrar haremos un par de anotaciones que consideramos pertinentes y que han escapado al escrutinio de los lectores de Forman. En nuestra lectura, Forman no ha resultado del todo convincente. Forman deja la sensación de que la nueva justificación de la disciplina científica como una actividad espontánea y creativa, no debiera necesariamente ser una consecuencia directa de la presión social. El medio pudo favorecer la exaltación pública de esta forma de pensamiento. Pero, entrando al núcleo del asunto, es justo reparar en que los principales casos citados como ejemplos por Forman (Wien, Ostwald, Somerfeld, Weyl, etc.) y en general los principales protagonistas de la cristalización de la temprana mecánica cuántica y de la física general en sus etapas cruciales fueron –y siguen siendo– físicos *teóricos*, en la mayoría de los casos, convencidos de que es posible entender la naturaleza mediante la belleza formal de la matemática. En estos casos criterios como elegancia, simetría, unidad y coherencia, que suelen acompañar el discurso teórico, parecen por momentos, acercar la labor científica al ejercicio poético. Entre los teóricos, la utilidad militar o tecnológica no es un lugar recurrente, con frecuencia es un asunto contingente y el clima intelectual pudo operar más bien como un mecanismo para liberar su auténtica motivación. ¡Cuántas veces se ha visto a un teórico en apuros para intentar justificar la funcionalidad social (práctica) de su oficio! En un clima cultural de *lebenphilosophie* esta justificación debía preocupar especialmente a los científicos experimentales. Los teóricos no tendrían que articular rebuscados discursos intentando conectar especulaciones teóricas con probables desarrollos tecnológicos inmediatos. El espacio para el ejercicio teórico creativo parece más bien un reclamo del entorno existencial. Dicho de otro modo:

No es atrevido suponer que la belleza interna, que muchos encontraron en las formas abstractas con que puede leerse la naturaleza, y que alimenta una visión platónica de la ciencia que recuerda la sempiterna sentencia galileana sobre la naturaleza, su lenguaje y sus formas, se vio favorecida por un entorno cultural semejante al de la República de Weimar. Esta visión que, con intensidades distintas, ha acompañado la mística del ejercicio científico debía operar, más bien, como ventana liberadora para las auténticas motivaciones *internas* del ejercicio teórico.

Al lado de lo anterior, si se pretende demostrar, como Forman supone, que principalmente los factores externos articularon la teoría y que los factores o el desarrollo interno en sí mismo no son suficientes, esto último habría que probarlo. Forman ha pasado por alto la mención del desarrollo interno y uno no puede quedar satisfecho cuando no se muestra el contrapeso de la polea y esta es, a nuestro juicio, la principal insolvencia en los argumentos de Forman. Porque de resultar cierta la (tercera) tesis de Forman, sería lícito suponer que el desarrollo interno de la física atómica durante el período de la república de Weimar pudo conducir a una teoría perfectamente causal —el entorno, según Forman, es responsable de la acausalidad— y si este fuere el caso: ¿Cómo explicar que los factores internos podrían haber, perfectamente conducido a la construcción de una teoría determinista? La presión externa pudo precipitar una rápida asimilación de la teoría en los círculos intelectuales que la recibieron alegremente en sintonía con sus reclamaciones. Pero esto no es más que una rápida sintonía entre lo de adentro y lo de afuera.

Al soslayar el rigor del desarrollo interno de la teoría, Forman ha descuidado aspectos importantes de índole conceptual. Llama la atención la identificación tácita que Forman hace entre causalidad y determinismo. Seguramente sigue a Spengler en el uso relajado del lenguaje. Queremos insistir en esto ya que en buena medida se acepta que existe algún tipo de mecanismo causal en la evolución de las especies vivas, en la migración de poblaciones, en la transferencia y adaptación de culturas y sociedades, pero difícilmente alguien puede argumentar con rigor que todos estos sean procesos deterministas. Cuando Forman habla de acausalidad en la mecánica cuántica el lector debe entender que se está refiriendo a la falla del determinismo en la interpretación estándar de la teoría. Afirmar, entonces, que la teoría es acausal no es tan sólo un inocente desliz semántico, es incorrecto. La teoría es causal, lo que está en juego es el determinismo. Este no es el lugar para entrar a perfilar la distinción precisa entre determinismo y las diferentes formas de entender la causalidad (Neo-humeana, Inferencia Estadística, Mecanismos, Transferencia de Energía, Teorías Contrafácticas, etc.), pero debe quedar claro que mientras las teorías de causación afirman algún tipo

de dependencia entre eventos ordenados temporalmente, el determinismo afirma la biunivocidad de dicha dependencia⁷.

Por otra parte una teoría física resulta de una especie de ensamble entre un formalismo y una interpretación adecuada. Al desconocer los detalles formales de la teoría, Forman termina haciendo otra suposición tácita bastante cuestionable; supone que el formalismo de la vieja mecánica cuántica implica *per se* una interpretación indeterminista –o acausal, como él prefiere llamarla-. Y aunque la mayoría ha terminado por aceptar la interpretación indeterminista de Bohr-Copenhague (en el formalismo matricial, o en su isomorfo ondulatorio), es bien sabido que la mecánica cuántica admite interpretaciones perfectamente deterministas como la bien conocida de Bohm [1952], o la versión más reciente del mismo Prigogine [1997].

Pese al ingenio de los argumentos de Forman, y lo sugestiva que pueda antojárseles su tercera tesis, quedamos con la incómoda sensación de que él ha detectado una feliz coincidencia entre el clima intelectual de una República y la interpretación de una naciente teoría científica, pero está lejos de probar que la misma crisis interna de la teoría clásica junto a los avances experimentales a escala subatómica no hubieran conducido a innovaciones responsables de esta formulación indeterminista de la mecánica cuántica. El dilema del determinismo encontró su máxima resonancia en la república de Weimar pero no queda claro que esta presión fuera suficiente para justificar los cambios en el contenido de la física, como Forman dice haber demostrado.

47

MECÁNICA CUÁNTICA ACAUSAL SOCIALMENTE DETERMINADA...

Referencias Bibliográficas

- Bernal, J. D. (1978): *Historia social de la ciencia*, Barcelona, Editorial Península.
- Bishop, R.C. (2002): "Deterministic and Indeterministic Descriptions", en H. Atmanspacher y R. Bishop (eds.), *Between Chance and Choice*, Londres, Imprint Academic, pp. 5-31.
- Bohm, D. (1952): "A Suggested Interpretation of Quantum Mechanics in Terms of 'Hidden' Variables, I and II", *Physical Review*, 85, pp. 166-179, 180-193.
- Butterfeld, J. (1998): "Determinism and Indeterminism" en Edward Craig (ed.), *Routledge Encyclopedia of Philosophy, Vol.3*, Londres-Nueva York, Routledge. Pp.33-39.

⁷ El mejor tratado sobre determinismo sigue siendo el de Earman [1986]. También véanse a este respecto Butterfeld [1998] y Bishop [2002]. Para una buena distinción actualizada entre causalidad y determinismo puede consultarse a Hoefer [2004]. Un buen compendio de artículos sobre las diferentes versiones o teorías de causación es el editado por Sosa y Tooley [1993].

- Earman, J (1986): *A Primer on Determinism*, Dordrecht, Reidel Publishing Company.
- Forman, P. (1984): *Cultura en Weimar, causalidad y teoría cuántica, 1918-1927. Adaptación de los físicos y matemáticos alemanes a un ambiente intelectual hostil*, Madrid, Alianza Editorial. Originalmente editado como artículo: Forman, P. [1971]: "Weimar Culture; Causality and Quantum Theory, 1918-1927: Adaptation by German Physicists to a Hostile Intellectual Environment", *Historical Studies in the Physical Sciences*, 3, pp. 1-115.
- Gideon, F. (2005): "The Hessen-Grossman Thesis: An Attempt at Rehabilitation", *Perspectives in Science*, 13, pp.166-193.
- Golinski, J. (1998): *Making Natural Knowledge. Constructivism and the History of Science*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Hendry, J. (1980): "Weimar Culture and Quantum Causality", *History of Science*, 18, pp. 155-180.
- Hessen, B. (1931, 1971): "The Social and Economic Roots of Newton's Principia", en N. Bukharin (ed.), *Science at the crossroads*, Londres, pp. 151-212.
- Hoefer, C. (2004): "Causality and Indeterminism", *Revista de Filosofía*, 29, pp. 99-115.
- Kuhn, T.S. (1962): *The structure of scientific revolutions*, Chicago, University of Chicago Press.
- Mendelsohn, E. (1989): "Robert K. Merton: The Celebration and Defence of Science", *Science in Context*, 3, 1, pp. 269-289.
- Merton, R. (1938): "Science, Technology and Society in Seventeenth Century England", *Osiris*, 4, pp. 360-632.
- Prigogine, I. (1997): *El fin de las certidumbres*, Madrid, Taurus.
- Radder, H. (1983): "Kramers and the Forman thesis", *History of Science*, 21, pp. 165-182.
- Rossi, P. (1990): *Las arañas y las hormigas. Una apología de la historia de la ciencia*, Barcelona, Crítica.
- Solís, C. (1994): *Razones e intereses. La historia de la ciencia después de Kuhn*, Barcelona, Paidós.
- Sosa, E. y Tooley, M. (eds.) (1993): *Causation*, Oxford, Oxford University Press.