

**ALGUNAS REFLEXIONES DE PAUL KARL FEYERABEND
EN TORNO A LOS SUPUESTOS METAFÍSICOS DEL PRINCIPIO
DE COMPLEMENTARIEDAD DE BOHR: UN APORTE
A LA CUESTIÓN CIENCIA-METAFÍSICA¹**

SOME REFLECTIONS OF PAUL KARL FEYERABEND ON THE METAPHYSICAL PRESUPPOSITIONS OF BOHR'S COMPLEMENTARITY PRINCIPLE:
A CONTRIBUTION TO THE QUESTION SCIENCE-METAPHYSICS

Teresa Gargiulo²

RESUMEN

Paul Feyerabend revela los supuestos metafísicos implícitos en el principio de complementariedad de Niels Bohr. Advierte la necesidad de examinar racionalmente estos supuestos para evitar que estos degeneren en dogmas que imposibiliten el progreso de la teoría cuántica. El artículo tiene como objeto mostrar cómo, a partir de la crítica y análisis de estos supuestos ontológicos, este filósofo comienza a bosquejar su pluralismo teórico, el cual, en última instancia, constituye un modelo de ciencia donde la reflexión metafísica no solo tiene un importante papel precientífico, sino que es en ella misma donde se resuelve el curso de la actividad científica. Creemos que el pluralismo epistemológico, lejos de destruir la ciencia y promover el irracionalismo que habitualmente se le atribuye, nos señala una posible y auténtica solución al problema de la relación ciencia-metafísica.

Palabras clave: Feyerabend, metafísica, relación ciencia-metafísica, principio de complementariedad, Niels Bohr

ABSTRACT

Paul Feyerabend reveals the metaphysical assumptions implicit in the principle of complementarity of Niels Bohr. He notes the need to examine rationally these assumptions in order to prevent them from degenerating into dogmas that obstruct the progress of quantum theory. The objective of the article is showing how from the criticism of the ontological assumptions of the principle of complementarity our philosopher begins to draft his theoretical pluralism and, in definitively, a model of science where metaphysical reflection not only plays an important pre-scientific role, but is in itself where resolves the course of scientific activity. We think that epistemologist pluralism, far from destroy the science and promote the irrationalism which habitually adjudge itself, indicate us a possible and authentic solution to the science-metaphysics relationship problem.

Keywords: Feyerabend, metaphysics, science-metaphysics relationship, principle of complementarity, Niels Bohr

¹ Recibido: 12 de marzo de 2012. Aceptado: 8 de agosto de 2012.

² Universidad Nacional de Cuyo; Mendoza – Argentina; CONICET. Correo electrónico: gargiulomteresa@yahoo.com.ar.

1. INTRODUCCIÓN

No es fácil enunciar de un modo claro y sintético el principio de complementariedad. Ni el mismo Bohr parece haber ofrecido tal definición. Feyerabend advierte que una de las razones de “la persistencia de la fe en la complementariedad, a despecho de todas las objeciones decisivas, es debida a la vaguedad de las afirmaciones fundamentales de este principio” (1962, 193)³.

El principio en cuestión se refiere esencialmente a la descripción de los fenómenos cuánticos. A la hora de explicar el comportamiento del mundo subatómico bajo determinadas circunstancias experimentales parece ser necesario recurrir tanto al modelo corpuscular como al modelo ondulatorio. En el ámbito de la física clásica, uno y otro modelo son descripciones que se presentan como mutuamente excluyentes. Se trata de dos imágenes clásicamente incompatibles que no pueden utilizarse de manera simultánea pues mientras un corpúsculo es una partícula pequeña en extensión con una localización exacta en el espacio y una velocidad bien definida, una onda se encuentra extendida en el espacio a una velocidad incierta. La imagen corpuscular y la imagen ondulatoria presentan determinados atributos que aparecen como contrapuestos dentro de un esquema interpretativo clásico.

Para superar esta dificultad, Bohr sostiene que estas imágenes no son más que “idealizaciones” o “abstracciones” limitadas y parciales del dominio microfísico. De ahí que para ser aplicadas correctamente en el nuevo dominio experimental sea necesario restringir su campo de aplicación mediante ciertas condiciones suplementarias. En primer lugar, toda experiencia física, las condiciones experimentales o los resultados de las observaciones deben ser descritos en términos clásicos puesto que son las únicas nociones que disponemos. Además, los aparatos de medición de los que nos valemos son macroscópicos.

En segundo lugar, las imágenes de onda y corpúsculo solo pueden ser aplicadas a los fenómenos microfísicos de un modo meramente instrumental. No son más que herramientas cuya función es proporcionar predicciones del comportamiento corpuscular. Ellas no intentan describir la naturaleza de los fenómenos sino explicar y predecir única y exclusivamente el comportamiento de los mismos bajo determinadas circunstancias experimentales ([1962] 1981 n. 61, 321-2; [1958] 1981, 23; 1958, 90-2 y 96).

3 Intentaremos exponer brevemente el principio de complementariedad, no en la formulación original de Bohr, sino tal como Paul Feyerabend accedió a su comprensión. Dejaremos para posteriores estudios la cuestión de si su concepción es fiel o no al pensamiento del físico. Incluso las citas explícitas de N. Bohr serán interpretadas a la luz de los artículos de Feyerabend.

Finalmente, los conceptos o imágenes de onda y corpúsculo no se aplican al fenómeno subatómico en sí sino a la entera disposición experimental, la cual incluye el fenómeno, el instrumento de medición y las circunstancias particulares en las que se realiza la experimentación ([1968] 1981, 290). O, siendo aún más exactos, deberíamos decir que Bohr entiende por *fenómeno* las observaciones obtenidas por el aparato de medición en circunstancias específicas, incluida una explicación completa de todo el experimento (1958, 93-4). De aquí, entonces, la necesidad de destacar el carácter relacional de los estados de descripción, es decir, de restringir la aplicación de todo resultado, observación o conjunto de conceptos a un dominio experimental determinado ([1962] 1981, 317). Tal es la unidad de este “bloque indivisible” que un mismo fenómeno, sometido a distintas condiciones experimentales, arrojará resultados distintos.

Bohr considera que aún cuando los conceptos clásicos de corpúsculo y de onda sean opuestos, corresponden a dos posibles comportamientos del mismo sistema cuántico, lo cual da origen a su principio de complementariedad. Este postula que los modelos corpuscular y ondulatorio son complementarios, necesarios para elaborar un esquema que explique el comportamiento de los fenómenos subatómicos. Estos no solo permiten sintetizar y unificar los fenómenos subatómicos de un modo económico sino, y sobre todo, establecer estos fenómenos experimentalmente (1958, 82; [1962] 1981, 316 y 323). El modelo corpuscular permite explicar ciertos hechos del fenómeno subatómico, mientras que el ondulatorio se refiere a los hechos faltantes. Ambos modelos proporcionan una descripción completa del dominio cuántico. Los datos obtenidos en estas nuevas situaciones experimentales no pueden recogerse en una única imagen o modelo. En su obra *El cuanto y la vida* (1965), el físico escribe:

Debemos estar preparados, afirma, frente al hecho de que datos obtenidos mediante dispositivos experimentales mutuamente excluyentes (como aquellos que se emplean para determinar posición e impulso) pueden mostrar contrastes hasta ahora no observados, e incluso aparecer contradictorios a primera vista. Es precisamente en esta situación en la que se recurre a la noción de complementariedad, para elaborar un esquema suficientemente amplio que proporcione la explicación de las regularidades fundamentales que no pueden ser incluidas en una descripción única (Bohr ctd. en Agazzi, 1978, 311-2).

El principio de complementariedad de Bohr es un dispositivo que intenta ofrecer una imagen consistente y exhaustiva del comportamiento de los sistemas microfísicos (Feyerabend, 1958, 75). Sostiene la mutua conciliabilidad de los conceptos clásicos en el universo de los microobjetos. Describe el

modo en el cual los conceptos clásicos aparecen dentro del esquema predictivo de la mecánica cuántica (1958, 94). En el ámbito cuántico pasan a ser dos imágenes, complementarias la una con la otra; dos imágenes características de la mecánica cuántica elemental y de toda teoría futura del nivel microscópico.

Pues bien, el filósofo vienés demuestra que Bohr para dar fuerza y credibilidad a sus ideas físicas las incorpora dentro de un sistema filosófico (ontológico). En esta misma dirección se ha encaminado también —según él— lo que conocemos como la “interpretación de Copenhague”, la cual no es más que una gran variedad de interpretaciones, incluso antagónicas, que intentan imponer su credo filosófico a los descubrimientos físicos. Heisenberg y von Weizsaecker, por ejemplo, presentan sus hallazgos dentro de una metafísica kantiana y Rosenfeld lo hace en el marco de un materialismo dialéctico. Bohr, por su parte, critica estas perspectivas por no adecuarse a su propio punto de vista ([1962] 1981, 313).

Feyerabend asegura que el principio de complementariedad de Niels Bohr se basa efectivamente en premisas empíricas, a saber: en las leyes de conservación, en la existencia de la acción del cuanto, en su carácter corpuscular y ondulatorio; pero ante todo se funda en premisas que no son empíricas ni matemáticas y que propiamente deben ser designadas como metafísicas (1958, 75; [1962] 1981, 314-5). Así, por ejemplo, la elección de una metodología inductivista por parte de Bohr, el carácter instrumental que concede a las imágenes de onda y corpúsculo como modelos que permiten explicar de manera alternativa el comportamiento corpuscular, su insistencia en la imposibilidad de acceder a formas perceptivas e instrumentos distintos a los de la física clásica, revelan a nuestro epistemólogo la presencia de supuestos metafísicos en el interior del quehacer científico del físico. Todo esto lo lleva a afirmar que la validez del principio de complementariedad depende completamente de la validez de dichas premisas filosóficas:

In his analysis of physical conceptions, Bohr is guided by *two philosophical ideas* which are so simple and at the same time so general that physicists either tend to regard them as obvious, or overlook them altogether. Yet *the validity of Bohr's approach completely depends upon the validity of these two ideas* (1958, 81).

Feyerabend explica que, desde una concepción positivista, muchos físicos ignoran o rechazan explícitamente el carácter especulativo o metafísico del principio de complementariedad y postulan, en consecuencia, su validez absoluta y definitiva (1957, 356). Un caso ilustrativo es Rosenfeld, quien asegura que apelar a preconcepciones metafísicas para fundar la validez de este prin-

cipio físico sería un procedimiento no científico ([1962] 1981, 316). Frente a ello, el filósofo devela los supuestos metafísicos implícitos en el principio de complementariedad, mostrando así la incoherencia del positivismo postulado por Rosenfeld y otros seguidores de Bohr. Tal principio, argumenta, no se sostendría sin un bagaje filosófico específico:

For as is well known it has been attempted, both by Bohr, and by some other members of the Copenhagen circle, to give greater credibility to these ideas by incorporating them into a whole philosophical (ontological) system that comprises physics, biology, psychology, sociology and perhaps even ethics. Now the attempt to relate physical ideas to a more general background and the correlated attempt to make them intuitively plausible is by no means to be underestimated. Quite the contrary, it is to be welcomed that these physicists undertook the arduous task to adapt also more general philosophical notions to two physical ideas which have some very radical implications. However, the philosophical backing of physical ideas that emerged from these more general investigations has led to a situation that is by no means desirable. It has led to the belief in the uniqueness and the absolute validity of both of Bohr's assumptions. . . . Today this dogmatic philosophical attitude with respect to fundamentals seems to be fairly widespread ([1962] 1981, 312-3; 1966, 416-7; 1958, 80).

En su artículo “Complementarity II”, Mackay sostiene una tesis diametralmente opuesta a la de Feyerabend; afirma que la asociación del principio de complementariedad, por ejemplo, a una metafísica positivista, aunque históricamente entendible, es lógicamente accidental y secundaria (Mackay 1958, 105). Para sustentar lo anterior, muestra que es contradictorio asignar una frecuencia exacta a una onda. La frecuencia es definida como el número de frecuencias por segundo de una simple función de onda, la cual se extiende de modo uniforme hacia el infinito. Ahora bien, cuanto más corta es la duración de la interrupción de oscilaciones (más precisamente está localizada en el tiempo), más amplio es el rango de frecuencias. Por el contrario, cuanto más estrecho es el rango de frecuencias de una interrupción de oscilaciones, más larga va a ser su duración. Luego, no podemos definir a la vez la duración o la frecuencia exacta de una onda. Se trata de dos imágenes complementarias. Esto es una realidad lógica, no física (1958, 107-8): un mismo fenómeno, en este caso una frecuencia de onda, puede ser objeto de dos descripciones exhaustivas, que hacen diferentes aserciones, en términos de conceptos diferentes cuyas precondiciones de uso son mutuamente excluyentes (1958, 118). La complementariedad microfísica —concluye Mackay— constituye solo un caso particular de complementariedad lógica entre las descripciones de una función en cuanto a tiempo y frecuencia espacial (1958, 121).

Esta posición de Mackay no es sino una renovada presentación del dogmatismo que pretende combatir Feyerabend. Postular una complementariedad lógica entre dos imágenes opuestas con el fin de superar una contradicción lógica (y ontológica) equivale a comprometerse con supuestos metafísicos que evidentemente son desconocidos para Mackay. Para superar la contradicción lógica de atribuir a un mismo fenómeno una naturaleza corpuscular y ondulatoria, nos vemos obligados a adjudicarles a estas imágenes un valor meramente instrumental. Mackay adhiere, aunque de un modo implícito e inconsciente y por ende dogmático, a una filosofía empirista e instrumentalista, para las cuales explicar un fenómeno equivale a incorporarlo dentro de un esquema predictivo exitoso. Este requisito parece cumplirlo, según él, satisfactoriamente el principio de complementariedad.

Al desconocer los supuestos que validan el principio de complementariedad, Mackay incurre en importantes confusiones. Por ejemplo, cuando ignora el carácter meramente instrumental que Bohr concede a su principio de complementariedad, no alcanza a entender la necesidad del pluralismo teórico que plantea Feyerabend. Mackay afirma que este niega el rostro de la realidad cuando se propone presentar teorías alternativas al principio de complementariedad: hacerlo significaría para él evadir lo que la misma realidad nos muestra (1958, 113-4). Ahora bien, lo que le podríamos responderle es que justamente el problema radica en comprender qué es lo que nos está mostrando la realidad. Mackay es un claro ejemplo de la miopía y el deslumbramiento de los físicos ante las correctas predicciones inferidas del principio de complementariedad, que ciertamente no encontramos en Bohr, ni mucho menos en Feyerabend.

Feyerabend rechaza con insistencia el modo acrítico e ingenuo que tienen los físicos de aceptar una determinada ontología, con la consideración explícita o implícita de que otras alternativas son simplemente contranaturales (1958, 21; 1966, 416-7). Con el propósito de superar estas filosofías parásitas, Feyerabend se ocupa, en gran número y variedad de artículos entre los años de 1950 y 1960, de criticar y examinar de manera detallada los supuestos metafísicos del principio físico y de considerar teorías ontológicas alternativas. Tal reflexión, según él, facilitaría una potencial liberación de la actitud dogmática en la que quedo encerrada, por ejemplo, la interpretación de Copenhague ([1958] 1981, 22; 1958, 86).

El epistemólogo insiste una y otra vez, con respecto al problema de la interpretación de la teoría cuántica, en que no habrá progreso hasta que no exista una verdadera discusión filosófica en torno a sus supuestos metafísicos. No se avanzará hasta tanto sus argumentos dogmáticos sean remplazados por argumentos realmente dialécticos, hasta que la atención en la sofisticada

formulación matemática se dirija hacia los problemas filosóficos fundamentales (1968, 309).

El pensamiento de nuestro filósofo vienés ha sido objeto de abundantes incomprensiones. De hecho, se conoce, sobre todo, o en el peor de los casos exclusivamente, por sus virulentas e irreverentes denuncias contra la ciencia. Esto lo ha llevado a ser acusado de irracionalista (Watkins en ctd en Preston, Munévar y Lamb, 2000, 49) o de ser “el peor enemigo de la ciencia” (Theodoridis y Mihalis, 1987, 598). Pero se desconoce, en cambio, su verdadero propósito: Feyerabend no lucha contra la ciencia misma, sino contra un modelo restrictivo de ciencia. En su lugar propone una ciencia más humana, es decir, una ciencia donde la especulación metafísica y la actividad científica constituyan un único cuerpo de conocimiento, integrado en la entera vida del hombre.

Nuestra intención en este artículo es mostrar cómo, a partir de la crítica a los supuestos ontológicos del principio de complementariedad, Feyerabend comienza a bosquejar su pluralismo epistemológico. Aunque en un comienzo lo presenta como un método, termina concibiéndolo, después de 1975, como un modelo de ciencia donde la reflexión metafísica no solo tiene un importante papel precientífico, sino que ella es el gozne alrededor del cual gira la entera actividad científica. Él destaca que si la reflexión metafísica determina el método, los instrumentos, la selección de evidencia, el significado de los términos, etc. de una teoría, ella no queda limitada a una instancia previa a la actividad científica, sino que se constituye en una de las actividades medulares del quehacer científico. Contra las creencias de muchos de sus físicos coetáneos, Feyerabend prueba que las teorías físicas no son solo determinadas por los hechos sino que la especulación metafísica desempeña en ellas un rol realmente importante. Refuta así la falsa distinción entre ciencia y metafísica, y muestra que esta última es imprescindible para que la ciencia recupere su auténtico valor descriptivo.

Para explicar esto estudiaremos, en primer lugar, cómo a partir del análisis y la crítica del primer supuesto del principio de complementariedad, Feyerabend entrevé la necesidad de su pluralismo teórico donde la metafísica se presenta como fuente y posibilidad de superar las formas perceptivas clásicas. En segundo, expondremos que concibe la metafísica como una vía superadora del carácter estrictamente instrumental que posee la teoría cuántica. Este punto exige considerar su discusión con Popper y el caso del movimiento browniano, de tal modo que pueda entrelazarse la naturaleza de su pluralismo y su estrecho vínculo con el análisis metafísico del principio de complementariedad. Finalmente, y ya a modo de conclusión, ofreceremos algunas razones

por las cuales creemos que Feyerabend en sus últimas obras señala una posible y auténtica solución al problema de la relación ciencia-metafísica.

2. LA METAFÍSICA COMO FUENTE Y POSIBILIDAD DE SUPERAR LAS FORMAS PERCEPTIVAS CLÁSICAS

Uno de los supuestos sobre los que se funda el principio de complementariedad —según Feyerabend— indica que todo resultado experimental o conocimiento no puede ser sino expresado en los términos de la física clásica ([1958] 1981, 22-3; 1958, 81-2). Las categorías propias de la física clásica, según Bohr, influyen de tal modo en nuestros procedimientos experimentales y aún en nuestras “formas de percepción” que nos resulta cada vez más difícil imaginar una alternativa diferente para explicar los fenómenos físicos. El hombre parecería estar, según él, determinado a aprehender la evidencia tal como lo postula la física clásica.

Esta imposibilidad de encontrar un nuevo esquema conceptual, señala Feyerabend en “Complementarity” (1958), no ha sido demostrada por la misma física, sino que se apoya en el hecho de que tal esquema no clásico estaría en conflicto con la conciencia positivista de Bohr (1958, 80). Los límites de la capacidad humana no se deben ni a la falta de imaginación, ni a las precarias habilidades que les impedirían a los físicos ir más allá de las ideas clásicas, sino a una decisión metafísica, más o menos consciente, de no ir más allá de lo que es dado en la experiencia (1958, 87).

Feyerabend ubica la filosofía de Bohr dentro un tipo específico de positivismo. Al respecto, advierte que el físico se aleja de la concepción positivista habitual según la cual las experiencias sensibles por sí mismas no poseen ninguna propiedad formal; estas consistirían en simples elementos desorganizados, tales como las sensaciones de color, de tacto, etc. Bohr, en cambio, insiste en que nuestras experiencias están organizadas por las “categorías” o “formas de percepción” de la física clásica y que no pueden existir sin estas formas. Este carácter insustituible que concede a las nociones clásicas hace que, según Feyerabend, Bohr permanezca dentro de un positivismo, aunque de un orden más elevado (1958, 81-2). El positivismo postula que solo podemos inventar aquellas teorías que son sugeridas por nuestras observaciones. Ahora bien, nuestras formas de percepción, nuestros modos de aprehender la experiencia, según el Bohr, son clásicos. No disponemos de otro modelo intuitivo, de otro modo de visualizar la experiencia sino es en los términos propios de la física clásica. Luego una imagen no clásica de los fenómenos subatómicos sería

—desde esta concepción metafísica— *psicológicamente imposible* ([1962] 1981, 320).

Según la teoría pragmática, la significación de un término o una expresión está determinada por su uso ([1958] 1981, 21). El esquema conceptual que se emplea con frecuencia para la explicación y predicción de los hechos corresponde al esquema de la física clásica. Esta determina nuestro lenguaje, nuestras experimentaciones e incluso nuestras formas de percepción. Es un esquema conceptual universal donde ningún hecho puede quedar fuera de su dominio de aplicación. En consecuencia, la invención de un nuevo aparato conceptual es imposible ([1962] 1981, 324). Una imagen no clásica sería, además de psicológicamente imposible, *lógicamente absurda* ([1958] 1981, 23).

En “Hidden Variables and the Argument of Einstein, Podolsky and Rosen”, Feyerabend insiste en que la imposibilidad que ve Bohr en crear imágenes no clásicas es de carácter lógico y no sociológico; aunque esta vez en oposición a la opinión de Heisenberg y von Weizsaecker, quienes afirman que introducir conceptos no clásicos sería prácticamente imposible debido a la costumbre de la mayoría de los físicos contemporáneos de utilizar el lenguaje de la física clásica como lenguaje observacional ([1962] 1981, p.322. nota nº 62).

Bohr niega que alguna vez sea posible inventar una teoría universal que trascienda el ámbito clásico. Señala que existen límites en la capacidad humana para crear conceptos distintos a los propios de la física clásica y que sería erróneo creer que las dificultades de la teoría atómica podrían ser superadas reemplazando eventualmente los conceptos de la física clásica por nuevas formas conceptuales (Feyerabend, 1958, 85; [1960] 1981, 222).

Es en estas afirmaciones de Bohr donde Feyerabend entrevé el peligro de que las teorías o principios se constituyan en dogmatismos irrefutables. Pero en “Complementarity” (1958) constata una apreciable diferencia entre Bohr y la “interpretación de Copenhague”. En esta última, la transición al positivismo es un hecho simplemente dado por supuesto, y se es por completo inconsciente del cambio que supone este contexto filosófico. Bohr, en cambio, a pesar de la vaguedad de sus escritos que pueden llevarnos con facilidad a interpretar una aceptación acrítica del positivismo, ofrece algunos argumentos a favor del mismo.

Tres años más tarde, en su artículo “Professor Bhom’s philosophy of nature” (1960) Feyerabend advierte, gracias a la lectura de *Causality and Chance in Modern Physics* de Bhom (1957), que tales argumentos y justificaciones son insuficientes para fundamentar la validez de su principio. Son circulares. Dentro del principio de complementariedad no hay hecho o evidencia (que al

menos desde él pueda concebirse) fuera del dominio de su aplicación. Todo fenómeno será explicado conforme a este, por lo cual, lógicamente, no encontraremos evidencia capaz de cuestionarlo o de sugerir una nueva teoría, pues desde el principio se moldea y organiza de tal modo la evidencia que no existen hechos que sean capaces de refutarlo. Ni la experiencia, ni el formalismo matemático nos ayudan a elegir entre este y otra teoría empíricamente exitosa. El principio de complementariedad no es más que una posición metafísica que solo puede ser defendida por argumentos plausibles ([1960] 1981, 223).

Feyerabend contempla la posibilidad de que el principio de complementariedad sea interpretado como una imagen intuitiva y un principio heurístico que admite la existencia de otras teorías alternativas satisfactorias. No obstante, atendiendo a las afirmaciones explícitas —arriba citadas— de Bohr, se ve forzado a acusar al físico de caer en un dogmatismo, pues el principio de complementariedad parece ser entendido por su autor como un principio filosófico básico cuya absoluta validez lo torna inmune a toda refutación e incapaz de ser remplazado por una teoría superior ([1960] 1981, 221-2).

Más tarde, en 1968, en su artículo “Niels Bohr’s World View”, Feyerabend corrige tal acusación. Aquí afirma que Bohr era consciente del carácter meramente instrumental del principio de complementariedad. Estaba muy dispuesto a admitir la necesidad de nuevas teorías alternativas del nivel microfísico que permitieran un entendimiento más profundo del comportamiento microfísico ([1968] 1981, 278-9). Aquí Feyerabend presenta el principio de complementariedad no como un dogmatismo filosófico sino más bien como una hipótesis física. Es evidente que Bohr tenía algunas razones filosóficas —provistas por una metafísica materialista— para esperar que esta hipótesis fuera verdadera. Pero esta filosofía no le impidió explorar otras alternativas. Fue justamente la consideración y refutación de estas alternativas —tal como Feyerabend lo muestra en la sección 5 de este artículo— lo que lo condujo a sus ideas originales y lo convenció de la corrección y validez de su perspectiva filosófica ([1968] 1981, 281 y p. 273, nota nº 59). La consideración de otras alternativas libera a Bohr del peligro de convertir el principio de complementariedad en una “inarticulada fe filosófica” ([1968] 1981, 281).

Sin embargo, aquella primera acusación a Bohr de mantener una actitud dogmática le permitió a Feyerabend entender la necesidad de su proliferación teórica en cuanto que esta permitiría evitar que el quehacer científico se viera obstaculizado por la aceptación acrítica de ciertos dogmas metafísicos.

En “Complementarity” (1958), Feyerabend utiliza la noción de inconmensurabilidad —aunque no el término mismo— para criticar el “conservadurismo

conceptual” del físico. Allí sostiene que Bohr, en cuanto postula que la conducta de los fenómenos cuánticos debe ser expresada necesariamente en los términos propios de la física clásica, impide el desarrollo de nuevos términos incompatibles (o inconmensurables) en lo conceptual con los imperantes (1958, 81). Al respecto, el epistemólogo demuestra que podrían ser inventados conceptos no clásicos completamente nuevos siempre que existan imágenes abstractas del mundo (metafísicas o de otro tipo) que pueden convertirse en teorías físicas. Ilustrar esto con una lectura particular de la historia de la ciencia: asegura que una mitología universal fue remplazada por la física aristotélica y a esta última le sucedieron la física de Galileo, la de Newton y la de Einstein. En la transición entre estas teorías surgieron términos o nociones que no son meras derivaciones o modificaciones de las nociones que lo preceden. Se trata de categorías del todo nuevas que no guardan ninguna relación lógica con las categorías que las anteceden. Pues bien, los conceptos propios de la física clásica también podrían ser remplazados un día por un nuevo esquema conceptual. Después de todo, la distancia que existe entre un esquema conceptual clásico y uno no clásico no es mayor que la distancia que existió entre la concepción física de Aristóteles y la de Galileo ([1958] 1981, 24; [1962] 1981, 323-5).

Ahora bien, el filósofo vienés advierte que estas nuevas interpretaciones o teorías alternativas no pueden emerger de la cerrada atención a los “hechos”, pues en una teoría siempre existe el peligro de que se seleccionen solo aquellos datos o resultados que la confirman y que a la vez se rechacen todos aquellos que no puedan acomodarse a ella. Una teoría científica puede disponer la evidencia empírica de tal modo que su punto de vista quede reforzado y constituirse así en una verdad absoluta con un pobre contenido empírico que modela a su antojo. La teoría se torna un círculo vicioso, herméticamente cerrado, donde la realidad no puede mostrar otra cosa que lo que ella quiera hacerle decir ([1965] 1981, 107-8).

Se sigue entonces que necesitamos una fuente no observacional para las interpretaciones. Tal fuente es provista por la especulación (metafísica) —asegura Feyerabend— ([1958] 1981, 31). La metafísica nos provee de la libertad necesaria para crear nuevos conceptos inconmensurables, los cuales develarían, en este caso, que el carácter absoluto y definitivo concedido al principio de complementariedad no ha sido más que un dogmatismo que ha entorpecido el progreso de las teorías microscópicas. En “Linguistic Arguments and Scientific Method”, explica que solo mediante la invención y consideración de teorías alternativas que contradicen al menos alguno de los principios del punto de vista aceptado será posible obtener nuevos hechos, y así aumentar el contenido empírico de la ciencia. Mientras que la proliferación teórica satis-

face esta exigencia del empirismo, un conservadurismo conceptual conduce a un estancamiento del progreso de la ciencia y a una consecuente crisis de los ideales del positivismo ([1969] 1981, 157).

Por medio de una reducción al absurdo, el epistemólogo ataca el conservadurismo conceptual supuesto en el principio de complementariedad y muestra que este es incompatible con la doctrina positivista adoptada por el físico. La mecánica cuántica no es una teoría en el sentido clásico. Se trata más bien, tal como reconoce Bohr, de una herramienta que permite predecir el comportamiento de los fenómenos cuánticos pero es incapaz de describir aspectos esenciales de dichos fenómenos y, por ende, de incrementar el contenido de la física, requisito esencial del empirismo (1958, 91-2).

Ronald Laymon en su artículo “Brownian Motion, and the Hiddenness of Refuting Facts” acusa paradójicamente a Feyerabend de positivista en cuanto que el único criterio que ofrece para elegir entre teorías alternativas es el aumento de contenido empírico, ideal propio del positivismo.

If this is Feyerabend’s position then it is not incompatible with the positivism that he attacks since his position (on this interpretation) reduces to the trivial advice to pick the theory that explains the most (1977, 229).

Nélida Gentile formula un razonamiento análogo en su artículo “El camino de Feyerabend: crítica, proliferación y realismo” donde propone que los ideales del positivismo parecen animar tanto el realismo conjetural como el pluralismo metodológico de Feyerabend (2007, 101).

Probablemente la confusión de Laymon y Gentile se debe a desconocer uno de los recursos habituales que emplea Feyerabend para mostrar la inconsistencia de la tesis que ataca, es decir, el uso de los razonamientos por reducción al absurdo. Eric Oberheim y Paul Hoyningen subrayan la dificultad que existe para poder determinar en un argumento los elementos con los cuales Feyerabend se compromete justamente por el uso de tal recurso (2000, 369). Nuestro filósofo asume el ideal del positivismo, a saber, el aumento de contenido de la ciencia, pero no porque esté comprometido con él, sino para realizar una crítica inmanente al positivismo de Bohr que podríamos sintetizar del siguiente modo: no se puede sostener un positivismo y, al mismo tiempo, el principio de aumento de contenido. Si queremos que la ciencia progrese, en lugar del positivismo, debemos asumir un pluralismo metodológico. Si queremos alcanzar los objetivos propios del positivismo (aumento de contenido), entonces Bohr debería estar dispuesto a abandonar su conservadurismo

conceptual y a revalorizar la metafísica como fuente y posibilidad de concretar un pluralismo teórico.

3. LA METAFÍSICA COMO VÍA SUPERADORA DEL CARÁCTER INSTRUMENTAL DE LA TEORÍA CUÁNTICA

Otro de los supuestos metafísico que anima al principio de complementariedad es aquel que indica que los conceptos de la física clásica cuando se aplican al ámbito subatómico poseen un valor estrictamente instrumental. Bohr enfatiza en que su principio de complementariedad carece de todo valor descriptivo y no configura un nuevo proyecto conceptual (Feyerabend, 1968, 277-8). Por el contrario, este constituye solo un sistema axiomático, una formalización matemática que aún no ha sido interpretada. Las imágenes antagónicas de “onda” y “partícula” pierden en la teoría cuántica algunas de sus propiedades intuitivas esenciales, como son su velocidad bien determinada o su exacta localización en el espacio. Pierden, en definitiva, su contenido descriptivo, su significación física para convertirse en meros símbolos o herramientas que nos permiten predecir el comportamiento de los microobjetos.

En su artículo “Niels Bohr’s World View”, Feyerabend analiza in extenso este aspecto. Muestra que en efecto la teoría cuántica tal como es postulada por el principio de complementariedad no ofrece una descripción de los fenómenos cuánticos, simplemente predice con relativa exactitud su comportamiento. El método usado, por ejemplo, para la determinación de un estado estacionario es de una naturaleza formal; nos da números pero no nos permite decir qué proceso particular objetivo es responsable de la aparición de estos números (1968, 278).

En “Hidden Variables and the Argument of Einstein, Podolsky and Rosen”, presenta la paradoja que implica este supuesto. A saber, quizás ninguna otra teoría en la historia de la física haya dispuesto a su favor el inmenso caudal de material observacional y operaciones matemáticas, como lo ha hecho la física cuántica. No obstante, aún permanece confusa la verdadera entidad y naturaleza de su objeto ([1962] 1981, 341). Aún cuando el principio de complementariedad se apoye en observaciones, experimentaciones y un formalismo matemático, no podemos estar seguros de si estamos tratando con situaciones imaginarias o con fenómenos reales. Lo único que podemos llegar a determinar es en qué medida los fenómenos cuánticos no son una onda y en qué medida no son un corpúsculo. En pocas palabras, no sabemos de qué estamos hablando o con qué objetos estamos tratando. Estamos obligados, por ende, a

mantener siempre en mente la aplicación restringida de la física cuántica y por ende a abstenernos en ella de toda *inferencia ontológica* ([1968] 1981, 278), o de toda *pretensión realista* (1958, 92; [1960] 1981, 220-1).

La “generalización racional de la mecánica clásica” no admite una interpretación realista de ninguno de sus términos: ni de aquellos propios de la física clásica ni de aquellos que han sido introducidos con el propósito explícito de aplicar los primeros. Esto no deber ser entendido, según Bohr, como una maniobra filosófica que ha sido intencionadamente superpuesta sobre la teoría cuántica. Más bien, es una exigencia que se presenta desde el origen de dicha teoría ([1962] 1981, 322, nota nº 61)⁴.

En oposición a Schrödinger, Bohr sostiene que las leyes de la física cuántica no pueden ser consideradas reglas o nociones que describen las características universales de un mundo diferente al de la física clásica. La física cuántica no es más que una formalización matemática con gran éxito predictivo y capaz de establecer cierto orden en la constante acumulación de material empírico. No ofrece una comprensión teórica de los fenómenos cuánticos y en cuanto tal no constituye propiamente una teoría ([1968] 1981, 277). El principio de complementariedad es incapaz de proveer a la física cuántica una referencia ontológica pues su objetivo no es la construcción de una nueva teoría física acerca del mundo que existe independientemente de las mediciones y observaciones. Por el contrario, este se limita a ofrecer una maquinaria lógica o un conjunto de relaciones formales que, utilizando partes de la física clásica, permite inferir predicciones correctas ([1960] 1981, 220-1). La formalidad matemática por sí misma no siempre refleja de manera adecuada la naturaleza de los fenómenos físicos. Bohr destaca las abstracciones extremas que deben ser hechas en la electrodinámica cuántica para describir los observables, enfatizando así la distancia que existe entre el formalismo y los hechos que se intentan representar ([1968] 1981, 275-276).

Bohr entiende su principio como un esquema predictivo. Pero, para Feyerabend, de esto no se sigue que abandone o rechace de una vez para siempre el ideal de una explicación realista, es decir, la posibilidad de que la teoría cuántica sea subsumida en una teoría general cuyos conceptos sean aplicables de forma universal (1958, 88). El físico teme que la formalización matemática pueda oscurecer el núcleo de los problemas físicos de la teoría cuántica, y está

4 Aquí Feyerabend objeta que la teoría cuántica fue creada por Schrödinger, quien la interpretaba desde una óptica realista. Es decir, históricamente, esta teoría nació en el marco de una metafísica del todo opuesta a la perspectiva de Niels Bohr y de sus discípulos. La escuela de Copenhague nunca produjo una teoría, solo interpretó la mecánica de Schrödinger desde una perspectiva positivista.

absolutamente convencido de que esta formalización matemática debería estar precedida por una completa explicación física (1968, 321).

Don Howard sostiene que Bohr no deja de conceder un sustrato real a los fenómenos cuánticos, aunque destaca que no puede describirlos como una “realidad independiente”. El objeto observado y el aparato de medición constituyen un par indisoluble tal que no pueden ser distinguidos como realidades separadas. El énfasis lo pone en la palabra “independiente” y no en la palabra “realidad”. Luego Bohr no sostiene el antirealismo que a menudo se le atribuye (Howard 2004, 671).

Evidentemente Howard, aunque acierta al destacar la inevitable interacción y unidad entre los objetos y los instrumentos de medición señalada por Bohr, desconoce la oposición del físico a otorgar un contenido real a los resultados de estas agencias de observación. Estas nos permiten, según él, predecir el comportamiento de los fenómenos pero nada nos dicen acerca de la naturaleza de sus resultados; no sabemos con qué estamos tratando. En definitiva, no podemos adjudicar un realismo efectivo al principio de complementariedad sino más bien tendencial o hipotético en cuanto que, según Bohr, podría algún día ser objeto de una interpretación realista.

Este escepticismo respecto al contenido ontológico de su principio de complementariedad revela la preocupación metafísica de Bohr. La conciencia de las limitaciones de su propio modelo atómico pone de manifiesto la naturaleza metafísica de su lectura. Según Feyerabend, la crítica de Bohr es epistemológica, no física en el sentido tradicional de la palabra. Bohr supera la actitud propia de un físico-matemático que se contenta con lo formalmente satisfactorio y ecuaciones fácticamente adecuadas. Posee la actitud propia de un filósofo que mira más allá del éxito y descubre la necesidad de un sentido de la perspectiva, aun en vista de las confirmaciones más sorprendentes.

El mismo estilo de los artículos de Bohr manifiesta, según el epistemólogo, este sentido de la perspectiva. En ellos aborda los problemas físicos dentro de un marco histórico: presenta los estudios precedentes sobre el tema, el estado actual del conocimiento y sugiere el posible curso de las investigaciones futuras. Convierte en objeto de sus críticas filosóficas el éxito predictivo de las teorías sorprendiendo así a los físicos entusiasmados ([1968] 1981, 272-4). Para el físico, todas las teorías científicas, junto con sus problemas técnicos, están siempre relacionadas con perspectivas filosóficas. Sin ellas, asegura, no se podría resolver sus problemas ni podríamos tener una mínima idea de lo que estos significan o hacia donde nos conducen ([1968] 1981, 271).

Este método de investigación de Bohr es evidentemente imitado por Feyerabend en su posterior crítica a los supuestos metafísicos del principio de complementariedad. Si a la hora de comprender o resolver el más mínimo problema empírico o técnico es necesario recurrir a la perspectiva filosófica que funda su significado y existencia, luego el sentido e incluso validez del principio de complementariedad dependerán también de los supuestos metafísicos que lo sustentan. A esta última tarea se abocó nuestro epistemólogo por estos años.

En resumen, Bohr reconoce que su principio de complementariedad no ofrece ningún modelo descriptivo de la realidad sino un puro sistema axiomático que nos permite predecir el comportamiento de los fenómenos cuánticos. Por ende, es consciente de la necesidad de elaborar teorías que precedan absolutamente la formulación matemática y que sean capaces de facilitarnos un entendimiento más profundo de la naturaleza de los microprocesos (1968, 321). No obstante, subraya también —animado por un conservadurismo conceptual— que tales teorías serán formuladas necesariamente en los términos propios de la física clásica ([1968] 1981, 278-9).

Feyerabend adhiere a la interpretación de Bohr, pero su novedad radica en que presenta la metafísica como la vía por la cual la física cuántica podría adquirir un verdadero fundamento teórico. La metafísica, según él, es la única fuente de nuevas teorías o descripciones hipotéticas acerca de la estructura y naturaleza del mundo físico. Y por tanto solo ella es capaz de conceder a la estructura formal de la teoría cuántica una interpretación que le confiera una referencia física. No es la experimentación empírica la que ofrecerá teorías alternativas a la física clásica. Estas podrían ser suministradas exclusivamente por la metafísica. Solo en la medida en que dispongamos de “imágenes abstractas del mundo (metafísicas o de otro tipo)” (1958, 86), podremos obtener un esquema conceptual distinto al que nos sugiere la experiencia y así superar los dogmatismos a los que nos puede conducir la sola lectura y consideración de la experiencia facilitada por la física clásica.

En este sentido, el epistemólogo se opone y supera la exigencia del físico según la cual las nuevas teorías del dominio atómico deberían corresponder con las formas de percepción propias de la física clásica. En su artículo “Complementarity”, muestra que este conservadurismo conceptual conduce a un estancamiento del progreso científico. Si respetamos la exigencia de Bohr, la física clásica incidiría de tal modo en nuestras percepciones, en nuestras ideas, en nuestro lenguaje, en nuestros métodos, en nuestros modos de seleccionar y disponer la evidencia que naturalmente llegaría un punto en que la experiencia se tornaría incapaz de sugerir nuevas teorías (1958, 85-6). La física

clásica se constituiría en dogma y esto implicaría el fin de la ciencia como una empresa racional.

La aplicación del ideal positivista conduce a un estancamiento de la ciencia. Para evitarlo, Feyerabend propone un pluralismo teórico, un procedimiento realista que alienta el progreso científico en todas las direcciones racionales posibles.

Solamente la invención de un nuevo conjunto de ideas las cuales audazmente se opongan a las apariencias y creencias comunes y las cuales intenten explicar a ambas de un modo profundo, podría luego conducirnos a un progreso adicional y permitir una argumentación racional. Esto muestra la conexión cercana que existe entre lo que ha sido llamado el ideal clásico o realismo por un lado, y el progreso científico por el otro (1958, 103-4).

Para Feyerabend, la eliminación de la misma doctrina inductivista y el regreso al modo clásico de explicación permitiría nuevos progresos en la ciencia (1958, 92), y en este caso, facilitaría una interpretación ontológica de la teoría cuántica. Por modelo clásico de explicación, Feyerabend entiende un ideal de conocimiento estrechamente conectado al realismo. Este exige la verificación de dos condiciones. En primer lugar, la teoría debe ser empíricamente adecuada; en este caso, debe explicar de modo completo y exhaustivo todos los comportamientos cuánticos que se abordan mediante la imagen corpuscular y la ondulatoria. En segundo lugar, la teoría debe ser universal, es decir, debe ser de tal forma que nos permita decir qué es la luz y no describir simplemente cómo la luz aparece bajo diversas condiciones (1958, 78, 80).

Quizás sea necesario reiterar que Bohr no se opone al ideal clásico de explicación; es más, está en verdad preocupado por el desarrollo de un nuevo modelo de explicación por el cual podamos entender la naturaleza de los fenómenos microscópicos (1958, 80). No es este el blanco de la crítica de Feyerabend sino el hecho de haber impuesto las categorías propias de la física clásica como límite infranqueable a la hora de crear nuevas teorías.

En este punto, tal como se manifiesta en el artículo "Professor Bhom's Philosophy of Nature", la postura de Feyerabend encuentra una mayor afinidad con Bhom, que sugiere elaborar un aparato conceptual nuevo por completo, el cual ya no haría uso de las ideas clásicas. Este esquema en su origen sería "extrafísico" en cuanto no sería susceptible de ser comprobado por los métodos disponibles hasta ese momento. La misma historia de la investigación científica, según Bhom, está llena de ejemplos que muestran lo fructífero que es aceptar que ciertos objetos y elementos podrían ser reales, mucho antes que

cualquier procedimiento conocido pueda observarlos directamente ([1960] 1981, 225; 1961, 365)⁵.

Feyerabend, en su artículo “Realism and Instrumentalism: Comments on the Logic of Factual Support”, muestra ser consciente de las dificultades e inconsistencias que crecen alrededor del intento de acceder a una interpretación realista de la mecánica cuántica. Expone, por ejemplo, las inconsistencias que se derivan de Broglie y Schrödinger quienes intentaron desarrollar una teoría completamente nueva para describir la naturaleza y el comportamiento de los sistemas cuánticos. Ellos rechazaron la hipótesis de los estados indefinidos de descripción señalando que esta simplemente es consecuencia del carácter incompleto de la teoría cuántica postulada por Bohr, sobre todo del carácter estadístico de su teoría. En su lugar, propusieron que las entidades microfísicas tienen un estado bien definido. Feyerabend muestra que tal interpretación realista, aparte de no tener ningún hecho experimental que la sostenga, hasta aquel entonces era inconsistente con observaciones y leyes físicas bien confirmadas.

El epistemólogo vienés nos advierte que no se trata solo de estar a favor de una interpretación realista de la mecánica cuántica. El instrumentalismo o el realismo de la teoría cuántica no es una posición filosófica que pueda ser discutida mediante argumentos generales. Nos previene de la ingenuidad de llevar a cabo el siguiente razonamiento: el instrumentalismo de la teoría cuántica es un resultado del positivismo; el positivismo es falso; luego debemos interpretar la teoría cuántica de un modo realista. El razonamiento es confuso: por interpretar las ecuaciones matemáticas o los resultados estadísticos de un modo realista no por ello estos adquieren inmediatamente una implicancia ontológica. Tal interpretación solo sería un prejuicio filosófico, un dogmatismo.

El razonamiento, además, no solo sería confuso sino también irrelevante porque con él no se avanzaría un solo paso hacia la resolución del problema de la interpretación de la física cuántica ([1964] 1981, 193). Estos argumentos epistemológicos no refutan, ni tocan en absoluto los argumentos desarrollados por los físicos. Crean o contribuyen a “una muy indeseable escisión entre la física y la filosofía” ([1964] 1981, 185). Mientras los físicos apelan a su favor innumerables y fructíferos experimentos, los filósofos realistas desarrollan argumentos abstractos que en absoluto refutan el mérito de aquellos (1981, 4).

5 También el método de Einstein, según Feyerabend, está mucho más preparado que la interpretación de Copenhague para inventar visiones extremas y hacer de hechos aislados el punto de partida de una nueva visión del mundo (1966, 416).

Ni uno ni otro invalidan el punto de vista que cuestionan. Se trata de dos cosmovisiones inconmensurables sin ningún puente de diálogo o comunicación. La discusión entre los físicos y los filósofos retrocede sin llegar a ningún lado. Frente a esto, Feyerabend afirma que es imperativo evitar los círculos viciosos de este tipo y atacar el instrumentalismo donde este parece ser más fuerte, es decir, refutar los resultados fácticos específicos que lo confirman ([1964] 1981, 186).

Es necesario desarrollar una teoría con tal grado de detalle que pueda a la vez ofrecer una explicación alternativa de todos los experimentos cuánticos desarrollados hasta ahora y mostrar que los resultados experimentales obtenidos no son estrictamente válidos. No solo es necesario elaborar una nueva teoría de los fenómenos cuánticos con implicancias ontológicas, sino también demostrar que la misma es experimentalmente tan valiosa como la teoría que ha sido usada hasta el presente. En este sentido, Feyerabend señala a Einstein como un verdadero ejemplo del realismo científico que produce descubrimientos y contribuye con el desarrollo de la ciencia. Einstein inició interesantes desarrollos teóricos y además supo proporcionar delicados experimentos que clarificaban conceptos básicos de la teoría cuántica (1981, 4). Diseñó experimentos cruciales que reforzaban una interpretación realista de la física cuántica y refutaban el núcleo de la visión instrumentalista. Esta es una formidable tarea que, según el vienés, no ha sido aún reconocida por los campeones puramente filosóficos del realismo en microfísica ([1964] 1981, 193-4).

Hasta que esta nueva teoría pueda ser construida acabadamente, según él, estaríamos obligados a adoptar frente a la mecánica cuántica un instrumentalismo, es decir, estaríamos obligados a reconocer que solo disponemos de un esquema predictivo de los fenómenos cuánticos. Los estados indefinidos de descripción, la naturaleza dual (ondulatoria y corpuscular) de los fenómenos cuánticos, las leyes de interferencia, y la validez individual de las leyes de conservación son, hasta el momento, la única explicación satisfactoria que aboga a favor del carácter instrumental de la teoría cuántica. El problema radica en lo que la teoría cuántica realmente es; y atendiendo a esto, Feyerabend asiente a la conciencia realista de Bohr por la cual advierte que lo único que poseemos hasta el momento es una mera formalización matemática ([1964] 1981, 195-6).

Con lo explicado hasta aquí, podemos entender la crítica que Feyerabend dirige a Popper en su artículo “Niels Bohr’s World View” (1968). Popper, en la primera página de su ensayo “Tres visiones del conocimiento”, observa que en el estado presente de la ciencia no parece posible evitar el carácter formal

de la teoría cuántica; y en esto coincide con la opinión de Bohr. No obstante, advierte Feyerabend, su maestro parece no tener en cuenta tal observación cuando elabora y propone su interpretación metafísica de la propensión y continúa creyendo en la corrección de esta microfilosofía ([1968] 1981, 279-280). Popper da por sentada, sin ningún debate adicional, la posibilidad de hacer inferencias ontológicas a partir de los resultados estadísticos en los que se expresan los comportamientos cuánticos.

Ante la constatación de que la física clásica no nos ofrece un cuadro de la realidad sino un mero aparato de predicción de los microobjetos y al quedar rechazado el programa de Faraday-Einstein-Schrödinger, Popper se propone elaborar una interpretación realista de la probabilidad. Su intención es solventar la falta de una interpretación física de la teoría cuántica con la proposición de otro programa, el que designa programa metafísico de la interpretación de la propensión. Lo concibe como un “programa de investigación” en cuanto incorpora una idea general de lo que habría de ser una solución satisfactoria de los problemas. Y “metafísico” porque ofrece una visión general de la estructura del mundo y de la situación de la cosmología física.

Según esta imagen, todas las propiedades físicas del mundo no son más que propensiones, posibilidades o potencialidades. El cambio no es más que la actualización o realización de estas potencialidades. Una vez que estas se han actualizados se crea una nueva situación que da lugar a un nuevo conjunto de potencialidades. Obtenemos así un cuadro del mundo que es a la vez dualístico y monístico. Es dualístico en cuanto las potencialidades son potencialidades solo relativas a sus posibles realizaciones o actualizaciones; es monístico porque las realizaciones o actualizaciones no solo determinan las potencialidades, sino que debe decirse que son potencialidades ellas mismas. (Pero quizá lo podríamos evitar diciendo que son “nada más” que potencialidades). De este modo, Popper describe el comportamiento de los cuantos como propensiones hacia el cambio. Aunque estas propensiones no establecen en general los cambios futuros, sí pueden determinar, al menos, las distribuciones de probabilidad (Popper, 1982, 159-160).

Popper establece que la teoría cuántica es en esencia estadística o probabilística y a partir de allí elabora su programa de interpretación del mundo con la pretensión de que sea universalmente válido. Pero Feyerabend señala que este es uno de los puntos en discusión, a saber, si la teoría cuántica es puramente estadística o las probabilidades que arrojan las estadísticas obedecen a leyes en sí mismas no estadísticas. Popper no contempla esta segunda alternativa ([1968] 1981, 261-2).

El blanco de la crítica de Feyerabend estriba en mostrar que, aún dando por supuesto que se trata de una teoría estadística, podemos inferir que esta funciona pero no podemos esbozar ninguna inferencia acerca de las propiedades individuales de los fenómenos, eventos o proceso cuánticos. Lo único que nos muestra son los valores esperados que estos elementos tienen bajo ciertas condiciones bien definidas. Respecto a los experimentos subatómicos, existen al menos dos alternativas: (1) los elementos poseen sus valores bien definidos antes que descubramos las condiciones experimentales; (2) los elementos no poseen sus valores antes de descubrir las condiciones relevantes, sino que son transformadas por las condiciones (por la medición) en un estado que contiene estos valores de una manera bien definida.

A pesar del gran éxito empírico de la interpretación estadística, esta no nos provee de ningún elemento —afirma Feyerabend— para decidir entre (1) y (2). Las estadísticas de muertes no nos permiten esbozar ninguna conclusión respecto al modo en que estas han ocurrido, ni nos permiten inferir si los seres humanos son o no entidades cuyos rasgos son independientes de la observación ([1968] 1981, 286-7). No obstante, Popper en un acto de “ingenuidad infantil” ([1968] 1981, 294, n. 100) —escribe Feyerabend— establece de modo a priori, sin justificación alguna, que una partícula elemental posee un valor bien definido en oposición a todas las pruebas existentes a favor del carácter relacional de las magnitudes dinámicas, pues los elementos que son objeto de las predicciones estadísticas deben tener prácticamente todas las propiedades de una partícula clásica. Para Popper, las propiedades dinámicas deben ser definidas con una precisión mucho mayor a las incertidumbres de Heisenberg. Ahora, esto solo es posible si suponemos que las mediciones no introducen nuevas condiciones. Popper también da por aceptada tal suposición. Todo esto lleva a Feyerabend a juzgar como inválido y definitivamente falso el programa de interpretación de Popper ([1968] 1981, 287-8). Este constituye un claro ejemplo de las ingenuas pretensiones realistas que describimos más arriba.

Feyerabend hace notar, además, en una nota que introduce en 1980 en el artículo “Niels Bohr’s World View” que la teoría de la propensión fue introducida por Bohr mucho antes que Popper empezara a pensar en ella ([1968] 1981, 294, nota nº 100). Aún más, afirma que es mucho más rico el principio de complementariedad que la teoría de la propensión de Popper pues esta última simplemente dice que las probabilidades cambian una vez que modifican las condiciones. La complementariedad nos permite ver cómo las propensiones pueden ser incorporadas dentro de la teoría cuántica, y nos informa qué propiedades están relacionadas con determinadas disposiciones experimen-

tales y cómo estas se modifican en resencia de fuerzas o de otros procesos compatibles con las condiciones de su aplicación ([1968] 1981, 290).

Feyerabend está lejos de simplificar ingenuamente la tarea de lograr una interpretación realista de la mecánica cuántica, tal como ya hemos explicado. Atendiendo a las dificultades y obstáculos que aquella presenta, parece haber ido gestando su pluralismo teórico como un modo que permite remover y superar tales problemas. Este permite obtener nueva evidencia que de otro modo sería imposible disponer, así como mostrar las dificultades y anomalías de las teorías imperantes. El caso de las predicciones del comportamiento estadístico del movimiento browniano parece ser un ejemplo paradigmático al que se refiere insistentemente Feyerabend para mostrar la necesidad y eficacia de su pluralismo teórico.

En su artículo “Problems of Empiricism” (1965), asegura que hubiera sido imposible descubrir de una manera directa la inconsistencia entre el comportamiento de la partícula browniana y la segunda ley de la termodinámica clásica. Afirma que para ello sería necesario, en primer lugar, medir el movimiento exacto de la partícula para determinar el cambio de energía cinética más la energía gastada en superar la resistencia del fluido; y, en segundo lugar, medir con precisión la temperatura y el calor transferido al entorno para determinar que cualquier pérdida ocurrida aquí está compensada por el aumento de energía de la partícula en movimiento y el trabajo hecho contra el fluido. Tales mediciones están más allá de las posibilidades experimentales de la teoría termodinámica clásica. No es posible hacer mediciones precisas del calor transferido, ni trazar el camino transcurrido por la partícula con la precisión deseada. De aquí que sea imposible una refutación “directa” de la segunda ley considerando solamente la teoría fenomenológica y el “hecho” del movimiento browniano. Se requiere disponer de una nueva explicación alternativa del calor que sea capaz de facilitar las técnicas de medición necesarias y así poner en evidencia los hechos que cuestionan la teoría termodinámica clásica (1965, 175-6; 1962/1989, 39).

Esta necesidad es confirmada por los mismos hechos históricos. En la segunda mitad del siglo XIX Rudolf Clausius, James Clerk Maxwell y Ludwig Boltzmann elaboraron la teoría cinética de los gases aplicando las leyes de la mecánica y del cálculo probabilístico al comportamiento de las moléculas individuales. Cincuenta años más tarde, Einstein hizo uso de ella para calcular las propiedades estadísticas del movimiento de la partícula browniana. Jean Perrin confirmó experimentalmente las predicciones de Einstein mostrando que las partículas son bombardeadas de manera continua por el movimiento

de las moléculas en el fluido. Las moléculas de un gas son influidas por la fuerza de atracción de las otras moléculas.

Este experimento constituyó un verdadero contraejemplo para la segunda ley de la termodinámica, según la cual, en un estado de equilibrio térmico el calor no puede transformarse completamente en trabajo; si no se realiza trabajo, es imposible transferir calor desde una región de temperatura más baja a una región de temperatura más alta. La experimentación de Perrin solo fue posible una vez se desarrolló la teoría cinética de los gases. Esto confirma que solo es posible obtener nueva evidencia empírica, capaz de refutar una teoría firmemente arraigada, si se proponen y desarrollan nuevas teorías alternativas.

Una teoría alternativa no solo provee nuevas observaciones, o nuevos métodos o técnicas de medición, sino que incluso puede informar de significado y sentido a observaciones ya disponibles, tornándolas así capaces de cuestionar la validez de una teoría vigente. Daniel Sirtres y Eric Oberheim en su artículo “Einstein, Entropy and Anomalies” (2006) advierten que las observaciones de las partículas brownianas estaban disponibles mucho antes que Maxwell y Boltzmann desarrollaran la teoría cinética en 1866. Sin embargo, sin las predicciones cuantitativas que luego hizo Einstein basándose en la teoría cinética de los gases, estas observaciones simplemente carecerían de significado y no implicarían refutación alguna a la termodinámica clásica (2006, 1150).

La lectura que hace Feyerabend de este caso paradigmático de la historia de la ciencia ha sido objeto de abundante crítica y discusión. Nos detenemos en esta discusión para mostrar con un poco más de detalle la eficacia del pluralismo teórico que Feyerabend elaboro justamente atendiendo a los problemas que presentaba la física cuántica.

Ronald Laymon en su artículo “Brownian Motion, and the Hiddenness of Refuting Facts” (1977) argumenta contra Feyerabend que fue posible reconocer el movimiento browniano como algo anómalo, como una contrainstancia de la segunda ley de la termodinámica clásica, incluso sin la ayuda de una teoría alternativa. Laymon basa su tesis en los experimentos de variación concomitante de Gouy y en las afirmaciones de Poincaré. Según Laymon, Gouy concluyó en 1988 con base en los experimentos realizados que la partícula B viola la segunda ley de la termodinámica. La misma conclusión fue compartida por Poincaré, antes que se publicara el artículo de Einstein y se realizaran los experimentos de Perrin (1977, 236-8). Fue el método de las variaciones concomitantes de Gouy en cuanto que muestra que los factores externos no son causantes de las fluctuaciones de temperatura en el fluido, y no una nueva teoría sobre el calor, lo que mostró las dificultades que representaba el movi-

miento browniano para la segunda ley de la termodinámica. En consecuencia, la defensa de la proliferación teórica que consiste en mostrar que los hechos anómalos no están disponibles en la ausencia de teorías alternativas no se sostiene (1977, 240). Ninguna teoría alternativa es o ha sido históricamente necesaria para justificar las descripciones del movimiento browniano que “directamente” refutan la termodinámica clásica (1977, 255).

George Couvalis, en su artículo “Feyerabend and Laymon on Brownian Motion” (1988), refuta esta crítica que Laymon dirige contra Feyerabend. Couvalis corrige a Laymon, quien asegura que Poincaré en 1904 concluyó que la segunda ley de la termodinámica ha sido definitivamente violada. Luego de citar el texto en el que Laymon pretende apoyar dicha afirmación, Couvalis destaca que en tal pasaje Poincaré sostiene que los experimentos llevados a cabo mediante el uso de las variaciones concomitantes suministraron algunos motivos para sospechar de la segunda ley de la termodinámica. Estos motivos se limitan a señalar lo siguiente: si el movimiento browniano no toma prestado nada de las fuentes externas de energía, luego el principio de Carnot (la segunda ley) es violado. Pero en ningún momento Poincaré se compromete o da por resuelto que la ley ha sido efectivamente violada. Por el contrario, Couvalis destaca que cuando consideramos la situación de la física en el tiempo que Poincaré escribió su artículo, advertimos su poco interés por comprometerse con la visión de que la segunda ley de la termodinámica había sido refutada. En pocas palabras, Poincaré en dicho artículo se limita a presentar la necesidad de realizar experimentos adicionales para determinar si el principio de Carnot había sido violado o no (1988, 416-7).

Couvalis asegura que las meras dificultades o anomalías —por ejemplo, las que ponen de manifiesto las variaciones concomitantes de Gouy— no pueden invalidar un principio o teoría. Afirmo que si aplicáramos este criterio de manera amplia, rechazaríamos automáticamente muchas hipótesis que al ser comprobadas después han significado importantes progresos científicos (1988, 418). Además, los resultados de las variaciones concomitantes de Gouy no necesariamente implicaban la refutación de la segunda ley de la termodinámica. Estos podrían haber sido objeto de una explicación coherente dentro de la misma termodinámica clásica. Couvalis explica que “El método de las variaciones concomitantes podría no haber sido utilizado por sí mismo para refutar la Segunda Ley porque la fuente del movimiento browniano podría haber sido resultado de la acción de una fuente de energía desconocida” (1988, 418). La evidencia que aportan los resultados de las variaciones concomitantes solo podía tener un sentido y valor refutador en el marco de una nueva teoría. Luego la segunda ley de la termodinámica solo podía ser refutada por las

predicciones de una teoría rival, tal como la versión de la teoría cinética de Einstein (1988, 418-420).

Daniel Sirtres y Eric Oberheim, en el ensayo arriba citado, despejan aún más la discusión al advertir que Gouy era un atomista ferviente; hecho que parece ser desconocido tanto para Laymon como para Couvalis. Gouy compartió las creencias del paradigma atomista y solo por esto le fue posible llegar a la conclusión de que el movimiento browniano refuta la concepción clásica de la segunda ley de la termodinámica. Su confianza en las creencias atomistas le permitió excluir todas las otras posibles explicaciones de las que podían ser objeto los resultados de sus experimentos y reconocer en ellos el potencial refutador de la segunda ley que contenían. Luego, es imposible juzgar los méritos de nuestras teorías sin contrastarlas con teorías alternativas (2006, 1153).

Hasta aquí, queda expuesto cómo la gestación del pluralismo teórico responde a la atenta observación que hizo Feyerabend de la práctica científica real, sobre todo en estos años, de las investigaciones en torno a la física cuántica (Feyerabend, 1995, 135).

4. CONCLUSIÓN

Feyerabend descubre en la discusión sobre el principio de complementariedad la presencia e incidencia de los supuestos metafísicos en la práctica científica. En este caso hemos visto cómo el principio de complementariedad exige reconocer la imposibilidad de acceder a formas perceptivas distintas a las de la física clásica, y adjudica un valor instrumental a las imágenes complementarias.

Ahora bien, una vez develada la continuidad existente entre filosofía y ciencia, entre estos supuestos filosóficos y la práctica científica del físico, entonces la cuestión que se presenta por resolver es otra: ¿cómo debe participar la metafísica en la ciencia de tal modo que no impida el progreso de la ciencia sino que, por el contrario, lo fecunde? A este interrogante, tal como hemos visto, Feyerabend responde con su pluralismo teórico.

El pluralismo teórico que originalmente Feyerabend presenta como un método deviene luego de 1965 en un nuevo modelo de ciencia y racionalidad. En sus primeros artículos, el filósofo vienés presenta su pluralismo como una metodología que debe regir todos los desarrollos científicos. Pero a partir de este año —tal como él mismo confiesa— descubre la pobreza y la ingenuidad de toda filosofía normativa de la ciencia en cuanto que mutila o diluye en un par

de normas o requisitos metodológicos las vastas posibilidades del movimiento científico ([1978] 1982, 136-7; 1995, 135). A partir de entonces, desiste de su intento por elaborar una epistemología normativa de la ciencia.

Feyerabend trasciende la discusión acerca de la relación que cada teoría establece con su método tal como es planteada en el marco de una epistemología normativa y en el de una epistemología descriptiva de la ciencia. Sus críticas y denuncias no tienen como objeto el método en cuanto tal sino la misma noción de ciencia. La cuestión que se le presenta por resolver no es cuál es el método más eficaz o el que emplea habitualmente el científico sino qué es ciencia. Denuncia la filosofía de la ciencia —tal como se desarrolló a lo largo del siglo XX— en cuanto que ha sido incapaz de ofrecernos una clara noción de ciencia. Pues si el método es lo que define a la ciencia en cuanto tal, y vemos que existe una pluralidad de métodos, estamos obligados a admitir que existe una infinidad de modos de entender la ciencia. Nos acercamos así al verdadero sentido de su pluralismo, el cual fue madurando en las sucesivas publicaciones de su *Tratado contra el método*.

A la hora de definir qué es ciencia, Feyerabend muestra histórica y metodológicamente la invalidez del criterio de demarcación. En su pluralismo teórico no presenta la revisión metafísica como una supraciencia, ni una infraciencia. La reflexión filosófica no ocupa en su propuesta un período precientífico, ni consiste en un análisis lógico posterior al conocimiento científico. La Metafísica, entendida como especulación racional, atraviesa la entera actividad científica. Es ella, en todo su rigor, lo que imprime en una teoría el carácter de ciencia. En el mismo momento en que la ciencia pretende conocer y explicar lo real, es metafísica. Para este filósofo no puede haber ciencia sin metafísica. La ciencia por sus mismas exigencias cognoscitivas es metafísica. Ciencia y metafísica se identifican; ambas se embarcan en un único proyecto conceptual. Ambas se funden en un rico repertorio de acciones, percepciones y pensamientos. La reflexión racional y las habilidades observacionales conforman un único arte u oficio (1999, 146). De este modo, Feyerabend supera toda dicotomía ciencia-filosofía para integrarlas, en un sentido estricto, en un único cuerpo de conocimiento.

Feyerabend no presenta la metafísica como una disciplina autónoma respecto a la ciencia, cuyos límites puedan ser perfectamente delimitados. La entiende como la cosmovisión que atraviesa el quehacer científico y que conforma una unidad con él. Dicha cosmovisión se concretiza en principios no de una naturaleza concreta y metodológica sino conceptual y ontológica. Se trata de principios intrínsecos a toda teoría científica. Aún más, son el elemento específico que las constituye como tales ([1960] 1981, 42). Feyerabend hablará

de teorías científicas en la medida en que estas se constituyan en auténticas “forma de mirar el mundo” o la naturaleza (1962/1989, 40 y 17). En cambio, cuando los modelos científicos no ofrezcan una comprensión teórica de la realidad o del objeto que estudian —como en el caso de del principio de complementariedad de Bohr—, dirá que no pueden ser considerados propiamente como teorías ([1968] 1981, p 277).

Atendiendo a una distinción que hace Dilworth, podemos decir que, para Feyerabend, estos principios no constituyen la base o el fundamento de la ciencia sino el núcleo o gozne alrededor del cual gira la entera actividad científica (2006, 4, 54 y 61). Es decir, los principios ontológicos no son verdades generales, evidentes por sí mismas, que se comportan en el cuerpo científico como la base a partir de la cual puedan ser formalmente deducidas las demás verdades empíricas particulares. Estos principios no son meras tesis o sentencias generales acerca de la naturaleza de la realidad, sino que conforman un paradigma conceptual que determina el modo particular de llevar adelante una actividad epistemológica, y de este modo, constituyen el núcleo de la ciencia. En “Límites de la ciencia: explicación, reducción y empirismo” ([1962] 1989), artículo medular de su obra de la década de 1960 por su gran valor sintético, Feyerabend prueba que la ontología informa y organiza la teoría científica no solo evidenciando en ella una visión de la realidad sino también determinando la explicación de los hechos observacionales, definiendo la manera de seleccionar y disponer la evidencia, estableciendo un método, delimitando la significación de los términos teóricos y observacionales, de los principios, leyes e instrumentos de medición ([1962] 1989, 77-8). De este modo, la ontología define en cuanto tal el quehacer científico.

Feyerabend revaloriza la reflexión metafísica desde el interior de la misma ciencia. En *Provocaciones filosóficas* escribe que “una ciencia sin metafísica no podría dar fruto” (1991 [2003], 60). Si concebimos la investigación científica como una disciplina independiente de la metafísica, aquella devendrá en una empresa estéril. Con su habitual uso de los razonamientos por reducción al absurdo, el vienés demuestra que el saber positivo —tal como lo concibe el positivismo lógico— debe asumir la reflexión filosófica si quiere que la ciencia recupere su auténtico valor descriptivo y no degenera en dogmas que entorpezcan el progreso científico. La metafísica permite que los modelos predictivos se traduzcan en verdaderas vías de acceso a la comprensión y entendimiento de lo real. La discusión metafísica en torno a los supuestos de las teorías científicas tiene una central importancia para que aquellos no devengan en dogmas que pueden estar paralizando nuestra posibilidad de comprender la realidad. Mediante el problema de la inconmensurabilidad,

Feyerabend demuestra que el progreso científico no depende de los datos observacionales, ni de las relaciones lógicas entre las teorías, sino, y sobre todo, de la especulación metafísica. Además, la metafísica contribuye a aumentar el caudal de conocimiento. Feyerabend señala la paradójica situación en la cual el ideal de aumento de contenido propio del positivismo lógico es asequible únicamente mediante la metafísica que pretenden expulsar.

El pluralismo teórico hace de la metafísica un auténtico espacio —intrínseco a la misma ciencia— donde se lleva a cabo una reflexión crítica acerca de cada uno de los supuestos y alcances de las teorías científicas, o en este caso, del principio de complementariedad. Feyerabend ha mostrado que todo problema científico es en definitiva un problema metafísico. Ha mostrado que la misma discusión en torno a la interpretación de la física cuántica, entre positivismo y realismo, entre instrumentalismo y realismo, no es “un asunto fáctico que podemos decidir señalando determinadas cosas actualmente existentes, procedimientos, formas de lenguaje, etc., este es un asunto entre diferentes ideales de conocimiento” ([1958] 1981, 33-4). Se trata de dos hipótesis metafísicas que deben ser sometidas a una discusión.

TRABAJOS CITADOS

Agazzi, Evandro. *Temas y problemas de filosofía de la física*. Barcelona: Herder, 1978.

Bohm, David. *Causality and Chance in Modern Physics*. Pennsylvania: University of Pennsylvania Press, 1957.

Couvalis, George. “Feyerabend and Laymon on Brownian Motion”. *Philosophy of Science* 55.3 (1988): 415-421.

Dilworth, Craig. *The Metaphysics of Science. An Account of Modern Science in Terms of Principles, Laws and Theories*. 2ª ed. Dordrecht: Springer, 2006. Boston Studies in the Philosophy of Science 173.

Feyerabend, Paul K. “Reseña de «Foundations of Quantum- Mechanics: A study in Continuity and Symmetry», por A. Landé”. *British Journal for the Philosophy of Science* 7.28 (1957): 354-7.

—. “Complementarity”. *Aristotelian Society supplementary volumes* 32 (1958): 75-122.

—. “An attempt at a realistic interpretation of experience”. 1958. *Realism, Rationalism and Scientific Method. Philosophical Papers vol. I*. 1981. 17-36.

- . “Professor Bhom’s philosophy of nature”. 1960. *Realism, Rationalism and Scientific Method. Philosophical Papers vol. I.* 1981. 219-35.
- . “On the Interpretation of scientific theories”. 1960. *Realism, Rationalism and Scientific Method. Philosophical Papers vol. I.* 1981. 37-43.
- . “Two Letters of Paul Feyerabend to Thomas S. Kuhn on a Draft of the Structure of Scientific Revolutions” 1961. *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 26.3 (1995): 353-87.
- . “Problems of Microphysics”. *Frontiers of Science and Philosophy.* Ed. R. G. Colodny. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 1962. University of Pittsburgh Series in the Philosophy of Science Volume 1.
- . “Hidden variables and the argument of Einstein, Podolsky and Rosen”. 1962. *Realism, Rationalism and Scientific Method. Philosophical Papers vol. I.* 1981. 298-342.
- . *Límites de la ciencia. Explicación, reducción y empirismo.* Trad. Ana Carmen Pérez Salvador & María del Mar Seguí. Barcelona: Paidós, 1989. Trad. de “Explanation, Reduction, and Empiricism”. *Scientific Explanation, Space & Time.* Ed. Herbert Feigl & Grover Maxwell. *Minnesota Studies in the Philosophy of Science* 3 (1962): 28-97.
- . “Realism and Instrumentalism: Comments on the Logic of Factual Support”. 1964. *Realism, Rationalism and Scientific Method. Philosophical Papers vol. I.* 1981. 176-202.
- . “Reply to criticism. Comments on Smart, Sellars and Putnam”. 1965. *Realism, Rationalism and Scientific Method. Philosophical Papers vol. I.* 1981. 104-131.
- . “Dialectical Materialism and the Quantum Theory”. *Slavic Review* 25.3 (1966): 414-17.
- . *Problems of Empiricism. In Beyond the Edge of Certainty.* Ed. R. Colodny. Pittsburgh: University of Pittsburgh, 1965.
- . “On a Recent Critique of Complementarity: Part I”. *Philosophy of Science* 35.4 (1968): 309-31.
- . “Niels Bohr’s world view”. 1968. *Realism, rationalism and scientific method. Philosophical Papers vol. I.* 1981. 247-97.
- . “Linguistic arguments and scientific method”. 1969. *Realism, rationalism and scientific method. Philosophical Papers vol. I.* 1981. 146-60.

- . *La ciencia en una sociedad libre*. Trad. Alberto Elena. Madrid: Siglo XXI, [1978] 1982.
- . *Realism, Rationalism and Scientific Method. Philosophical Papers vol. I*. Cambridge: Cambridge University Press, 1981.
- . *Matando el tiempo. Autobiografía*. Trad. Fabián Chueca. Madrid: Debate, 1995.
- . *Ambigüedad y armonía*. Trad. Antoni Beltrán y José Romo. Barcelona: Paidós, 1999.
- . *Provocaciones filosóficas*. Introd., trad., Ed. Ana P. Estevez Fernanadex. Madrid: Editorial Biblioteca Nueva, [1991] 2003.
- Gentile, Nélide. “El camino de Feyerabend: crítica, proliferación y realismo”. *Filosofía Unisinos* 8.2 (2007): 109-127.
- Howard, Don. “Who Invented the «Copenhagen Interpretation»? A Study in Mythology”. *Philosophy of Science* 71.5 (2004): 669-82.
- Laymon, Ronald. “Feyerabend, Brownian Motion, and the Hiddenness of Refuting Facts”. *Philosophy of Science* 44.2 (1977): 225-47.
- Mackay, Donald M. “Complementarity II”. *Proceedings of the Aristotelian Society. Supplementary Volumes* 32 (1958): 105-22.
- Oberheim, Eric & Hoyningen-Huene, Paul. “Feyerabend’s Early Philosophy”. Essay Review. *Studies in History and Philosophy of Science* 31.2 (2000): 363-75.
- Popper, Karl R. *Quantum Theory and the Schismo in Physics*. Londres: Hutchinson, 1982.
- Preston, John, Gonzalo Munévar y Lamb, David. Eds. *The Worst Enemy of Science? Essays in memory of Paul Feyerabend*. New York-Oxford: Oxford University Press, 2000.
- Sirtres D. & E. Oberheim. “Einstein, Entropy and Anomalies”. *Albert Einstein Century International Conference. Aip Conference Proceedings*. Ed. J. M. Alimi & A. Füzfa. American Institute of Physics. 861 (2006): 1147-1154.
- Theocharis, Theo & Psimopoulos, Mihalis. “Where Science Has Gone Wrong”. *Nature* 329.6140 (1987): 595-598.