

LOS CAMBIOS CONCEPTUALES DE LA FÍSICA

León Olivé y Ana Rosa Pérez Ransanz***



Los seres humanos no siempre han visto el mundo de la misma manera. Las visiones del mundo varían de acuerdo con los diferentes momentos históricos y en función de las distintas culturas.

La visión del mundo de la cultura occidental del siglo XX es diferente de cualquier otra que la haya precedido. Tiene la característica distintiva —entre otras— de estar fuertemente permeada por las concepciones del mundo que ofrecen las ciencias. Pero las concepciones científicas del mundo también han cambiado. Otros artículos que aparecen en este número ilustran algunas de las más novedosas ideas acerca del mundo físico. ¿Pero qué significa que puedan existir “visiones del mundo diferentes”? ¿Cómo es posible que las visiones del mundo cambien, incluyendo las concepciones científicas?

Al indagar sobre este tipo de cambios debemos preguntarnos qué es lo que cambia: los resultados de las ciencias (los

conocimientos), o sus presupuestos, o sus formas de razonamiento, o sus métodos de prueba; ¿o es que pueden cambiar todos esos elementos? También debemos preguntarnos por la forma en que ocurren estos cambios de visión del mundo, ¿se presentan según el modelo clásico de acumulación gradual de información, o según el modelo de revoluciones científicas propuesto por Kuhn, o según algún otro modelo? Estos son algunos de los problemas más importantes que se plantea la filosofía contemporánea del conocimiento y de la ciencia.

La filosofía de la ciencia recibió un vigoroso impulso entre los años veinte y cincuenta de este siglo, especialmente del trabajo de los filósofos que promovieron la corriente conocida como positivismo o empirismo lógico. Uno de sus postulados fundamentales consistía en la idea de que la decisión de aceptar o rechazar las teorías científicas debería basarse en los resultados de observaciones, las cuales, a su vez, se concebían como *independientes* de toda consideración teórica. Según esta concepción, mediante la observación es posible recopilar datos seguros, de una manera que esté libre de preconcepcio-

nes. El progreso de la ciencia consistiría, básicamente, en la acumulación de datos observacionales y en el desarrollo de teorías cada vez más comprehensivas que dieran cuenta de un número creciente de fenómenos, y la contrastación de las teorías frente a los datos se realizaría mediante métodos que no tendrían por qué cambiar de una época a otra.

En los años cincuenta se produjeron severas críticas a la concepción del empirismo lógico, en particular a su distinción entre lo teórico y lo observacional, y a la idea concomitante de que existen elementos absolutos e inmutables en los procedimientos científicos, como serían los datos observacionales “descontaminados” de toda teoría, y los métodos por los cuales pueden aceptarse o rechazarse las teorías científicas.

La obra de filósofos como Norwood Russell Hanson, Stephen Toulmin, Thomas Kuhn y Paul Feyerabend fue decisiva para rechazar la idea de la neutralidad de la observación y aceptar que las observaciones científicas están “cargadas de teoría”.

Estos filósofos sostuvieron que lo que cuenta como observación en ciencia, la

* Director del Instituto de Investigaciones Filosóficas.

** Investigadora del Instituto de Investigaciones Filosóficas.

manera en la que se recopilan datos, el juzgarlos como pertinentes para la aceptación o rechazo de teorías, así como la formulación de las teorías mismas, se realiza siempre desde un *entramado o marco conceptual* más amplio que establece justamente el interés por construir esas teorías y lo que se espera de ellas, es decir, qué problemas deben resolver y a qué campos de fenómenos se deben aplicar; también este marco establece los criterios para la evaluación de esas mismas teorías, e incluso determina la manera de ver los fenómenos, es decir, de conceptualizar la experiencia. Por todo esto, los marcos conceptuales determinan la perspectiva general bajo la cual se ve el mundo.

Pero más aún, los trabajos de Kuhn, particularmente su libro *La estructura de las revoluciones científicas* publicado en 1962, promovieron la idea de que incluso los *marcos conceptuales generales se desarrollan y cambian a lo largo de la historia de la ciencia*. De allí que una de las preocupaciones centrales de la filosofía de la ciencia actual sea la de proponer modelos de desarrollo del conocimiento científico que expliquen el cambio no sólo de las teorías, sino también de estos marcos conceptuales más amplios, a los que Kuhn se refirió con el término "paradigma".

Las ideas fundamentales del modelo de Kuhn

El patrón de desarrollo propuesto por Kuhn para el conocimiento científico —dentro de cada disciplina— puede dividirse en una serie de etapas. Comienza con una etapa llamada pre-paradigmática, en la cual coexisten diversas "escuelas" que compiten entre sí por el dominio en un cierto campo de la investigación. Entre estas escuelas existe muy poco (o ningún) acuerdo con respecto a la caracterización de los objetos de estudio, los problemas que hay que resolver y su orden de importancia, los métodos y procedimientos más adecuados, etcétera. Este periodo de las escuelas es seguido por el surgimiento y la aceptación, por parte de los científicos, de un paradigma dominante. La transición que experimenta un campo de investigación de la etapa pre-paradigmática a la post-paradigmática es considerada por Kuhn como el paso a la madurez.

Kuhn utiliza el término "paradigma"

básicamente en dos sentidos: uno, como logro o realización y dos, como conjunto de creencias y valores compartidos.

El primer sentido se refiere a las soluciones exitosas y sorprendentes de ciertos problemas, las cuales son reconocidas por toda la comunidad pertinente y sirven de guía en la investigación durante un cierto tiempo. Esto es, paradigma es un caso concreto de solución (o de explicación de un fenómeno), que funciona como ejemplo y modelo a seguir en las investigaciones subsecuentes. El segundo sentido de "paradigma" se refiere al conjunto de métodos, criterios y generalizaciones (leyes), que comparten quienes han sido entrenados para continuar el trabajo de investigación. Se podría decir que paradigma en este sentido es el conjunto de presupuestos básicos, de compromisos que comparte la comunidad encargada de desarrollar una cierta disciplina científica. La relación entre los dos sentidos de paradigma se puede ver como sigue: paradigma como conjunto de compromisos compartidos (segundo sentido) es aquello que presuponen quienes modelan su trabajo sobre ciertos casos paradigmáticos (primer sentido).

El establecimiento de un paradigma marca el inicio de una etapa de "ciencia normal". La ciencia normal consiste básicamente en una actividad de resolución

de enigmas (acertijos). A través de esta actividad el paradigma dominante se va haciendo cada vez más preciso y mejor articulado, en la medida en que se va extendiendo su campo de aplicación a nuevos fenómenos y se resuelven problemas que ya existían en ciertas áreas del conocimiento. La etapa de ciencia normal es conservadora: no se trata de buscar innovaciones sino de explotar al máximo, tanto en alcance como en precisión, el potencial explicativo del paradigma dominante. Este periodo también es acumulativo; dado que el paradigma mismo no se cuestiona, dado que el conjunto de supuestos básicos permanece inalterado y, por tanto, se trabaja todo el tiempo bajo las mismas reglas del juego, todos los resultados se producen en la misma dirección y se pueden montar unos sobre otros sin que surjan conflictos. Cada vez se tienen más y mejores resultados. El sentido y la medida del progreso, dentro de cada periodo de ciencia normal, es totalmente claro.

Sin embargo, el desarrollo de la ciencia normal, con su creciente especialización y articulación, y con su constante afán de extender los límites de su aplicación, conduce por sí mismo al descubrimiento de problemas o enigmas que se resisten a ser resueltos con las herramientas que proporciona el paradigma vigente. A este tipo de enigmas Kuhn lo llama anomalía. Si bien es cierto que la adecuación entre un paradigma y la "naturaleza" nunca es total o perfecta —ya que siempre y desde un principio existen desajustes que el paradigma no puede arreglar— el surgimiento de ciertas anomalías indica que algo anda mal a nivel profundo, y presiona por un cambio en los supuestos básicos del paradigma para encontrar una solución. Esta etapa en que se cuestiona la eficacia y la corrección del propio paradigma que ha guiado la investigación normal, es la etapa de crisis. La crisis, entonces, se genera cuando el paradigma vigente se va mostrando cada vez más incapaz de resolver las presionantes anomalías y se considera necesario un total replanteamiento del campo de investigación.

En esta etapa de crisis comienza la "ciencia extraordinaria", esto es, la actividad de buscar y proponer paradigmas alternativos. Este punto es fundamental



en la concepción de Kuhn, ya que por más anomalías que confronte un paradigma, según él, los científicos no lo abandonarán a menos que exista otro alternativo, que al ofrecer una nueva manera de ver las cosas y de plantear los problemas, permita la solución o explicación de las anomalías.

Cuando se cuenta con un paradigma alternativo que se muestra exitoso frente a las anomalías que habían puesto en crisis al paradigma dominante, se produce una revolución. El cambio de un paradigma a otro se da a través de una revolución. Kuhn utiliza el término "revolución" porque, de acuerdo con su modelo, la situación que se produce entre los defensores del viejo paradigma y los que proponen el nuevo, es análoga a la situación de lucha que se genera durante las revoluciones políticas y sociales. Con esta tesis Kuhn se opone totalmente a los modelos clásicos (empiristas y popperianos) de elección de teorías. Al describir el cambio de paradigmas —o de teorías que pertenecen a paradigmas distintos— como una revolución, niega que la elección sea una cuestión que se pueda resolver aplicando un algoritmo. No existen criterios de prueba lógica o de apelación a la evidencia que sean *suficientes* para resolver la disputa. Las diferencias que surgen entre los contendientes durante una revolución científica pueden llegar a ser tan profundas, según Kuhn, que impidan llegar a cualquier acuerdo acerca de qué cuenta como razones decisivas a favor de alguno de los paradigmas en competencia.

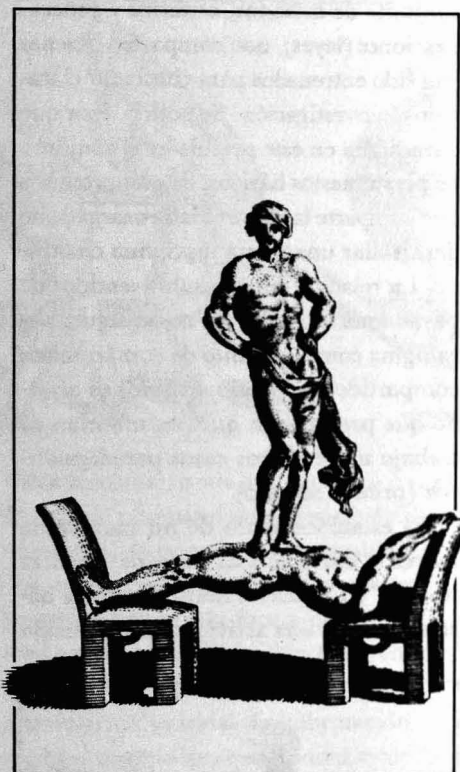
Los cuerpos de conocimiento separados por una revolución, es decir, insertos en paradigmas diferentes, son muy difíciles de comparar, y puede llegar a ser el caso que no exista una medida común de su éxito, esto es, pueden llegar a ser incommensurables. Un cambio de paradigma es análogo, dice Kuhn, a un cambio gestáltico, donde los mismos objetos se ven bajo una óptica distinta. Se trata de una transición a una *nueva forma de ver el mundo*. Kuhn incluso llega a afirmar que los científicos que adoptan un nuevo paradigma experimentan una especie de conversión, y que "después de una revolución los científicos trabajan en un mundo diferente".

De esta manera, el modelo de desarro-

llo científico propuesto por Kuhn establece que una vez que una cierta disciplina científica se ha consolidado como tal, es decir, cuando ha superado la etapa pre-paradigmática, pasa entonces, una y otra vez, mediante la secuencia: ciencia normal-crisis-revolución-nueva ciencia normal.

Críticas de Laudan y de Shapere al modelo Kuhniano

Las ideas de Kuhn aquí esbozadas han sido criticadas por filósofos de la ciencia



que han propuesto modelos alternativos de desarrollo científico. Entre éstos vale la pena destacar los modelos de Imre Lakatos, Paul Feyerabend, Larry Laudan y Dudley Shapere.

Los dos últimos autores han desarrollado un trabajo de gran influencia en la presente década. Laudan en el libro *Science and Values*, publicado en 1984, criticó la posición de Kuhn, entre otras cosas, porque ésta sugiere que los paradigmas están compuestos por diversos elementos rígidamente relacionados entre sí, de manera que al cambiar uno de ellos, necesariamente se ven afectados los otros, por lo cual cualquier cambio en algún componente implica un cambio del paradigma en su totalidad. Laudan, en cambio, propone que puede haber un cambio di-

ferencial dentro de los diversos niveles de un paradigma, de modo que al producirse cambios en alguno de esos niveles no cambian los otros necesariamente.

Laudan sostiene que existen tres niveles fundamentales en los marcos conceptuales de la ciencia: las teorías científicas, junto con sus compromisos ontológicos; los métodos; y los valores de la ciencia que determinan, entre otras cosas, las metas que la misma persigue. Estos tres campos están estrechamente relacionados: cambios en uno de ellos pueden afectar a los otros, y la permanencia de uno de ellos también puede obstaculizar cambios en el resto. Pero de ninguna manera constituyen un bloque monolítico donde se transmitan automáticamente los cambios de un nivel a otro.

Otro de los críticos más vigorosos de las ideas de Kuhn ha sido Dudley Shapere, quien ha atacado en particular una idea también presente en la concepción de Laudan: el enfoque de niveles en filosofía de la ciencia. De acuerdo con Shapere, ese enfoque pretende, de manera equivocada que entender lo que es y lo que hace la ciencia debe ser independiente de los contenidos de cualquier creencia científica específica. Más aún, según este enfoque el análisis de la ciencia "tiene que ver con un 'nivel' de ideas, métodos, reglas, o lo que sea, que gobierna los procedimientos de la ciencia misma, y que en ese sentido está 'por encima' y es independiente del propio proceso científico". Contra esta idea, Shapere ha sostenido que todo aquello que gobierna el proceso científico está en el *mismo nivel* que los conocimientos científicos sustantivos, y tan sujeto a cambio y evolución como ellos. Así, preconcepciones, normas, valores, métodos, etcétera, ni son extracientíficos ni son invariantes. No existe ningún nivel privilegiado en la empresa científica.

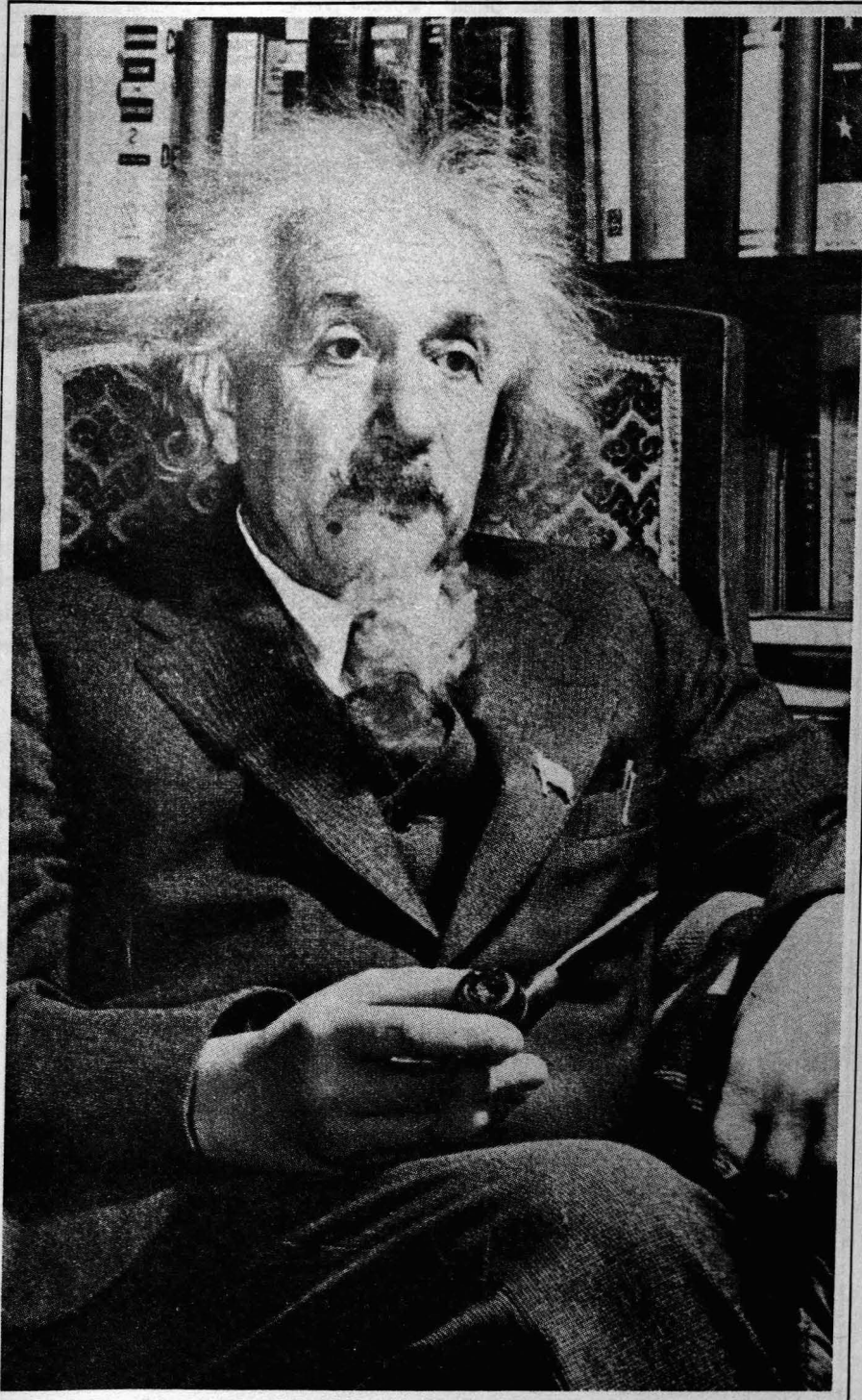
Shapere ha insistido en que el desarrollo científico, particularmente en las ciencias físicas de los últimos años, muestra una creciente *racionalidad*, así como un creciente proceso de *internalización*. Esto quiere decir fundamentalmente que el consenso que se logra está basado en *razones internas* al marco conceptual pertinente en la discusión científica. En otras palabras, las creencias en cuestión se aceptan porque se reconoce —con base

en criterios compartidos entre quienes participan en las controversias— que son exitosas, están libres de dudas específicas y son pertinentes para la materia en cuestión.

Un ejemplo: las interpretaciones de la mecánica cuántica

Los trabajos de Shapere han dado lugar a una corriente llamada “racionalismo científico”, que hace hincapié en el carácter revisable de todo tipo de principios, normas, valores, métodos, creen-

cias, etcétera, dentro de los entramados que determinan y constituyen el conocimiento científico. Sin embargo, este carácter revisable o falible de cada uno de esos aspectos no constituye una razón suficiente para dudar de ellos; sólo se deben poner en duda cuando existan *razones específicas* para dudar, que sean *internas al marco conceptual y derivadas de los resultados científicos*. Bajo esta concepción el conocimiento científico consiste en *creencias exitosas y libres de dudas específicas*, y por consiguiente es contingente y siempre revisable.



Albert Einstein

Una aplicación del racionalismo científico a un episodio muy importante de cambio conceptual en la ciencia contemporánea, es el análisis que recientemente ha desarrollado el filósofo Alberto Cordero sobre la controversia entre defensores de diferentes interpretaciones de la mecánica cuántica. Esta controversia resulta fascinante, pues trata de las distintas maneras de entender una teoría que nos permitió el acceso a un mundo de ideas que han trastocado convicciones arraigadas durante milenios.

En 1935 Einstein publicó junto con B. Podolsky y N. Rosen un artículo que generó una amplia polémica. En él se argumentaba que la mecánica cuántica no podía considerarse como una teoría completa acerca del mundo. El carácter probabilístico de las descripciones de la mecánica cuántica se debía justamente a ese carácter incompleto de la teoría, pero de ahí no se podía desprender una concepción del mundo —como la defendida por la Escuela de Copenhague— que lo viera como indeterminado y como indeterminista; por el contrario, para Einstein el mundo físico *debería seguir siendo considerado como constituido por componentes completamente determinados y separables, y regido por leyes locales deterministas*. Aquí claramente están en juego ciertas expectativas y preconcepciones acerca del mundo y de la ciencia, presentes en el marco conceptual presupuesto por las teorías que Einstein había desarrollado.

Este marco incluía de manera fundamental dos principios:

1) El principio de localidad: el mundo está constituido por sistemas materiales regidos exclusivamente por interacciones locales; en particular, ningún efecto físico puede propagarse a una velocidad mayor que la de la luz.

2) El principio de separabilidad: en el experimento planteado por Einstein-Podolsky-Rosen, se parte de la consideración de la interacción entre dos protones previamente aislados; este principio plantea la independencia de cadenas causales a partir de cada uno de los protones, de manera que sea sostenible la creencia de que cada uno de los protones puede mantener su individualidad, es decir, que cada uno es separable, a nivel ontológico, con respecto al otro.

En 1966 John Bell publicó un artículo

lo, escrito dos años antes, en el que mostró que el análisis de Einstein-Podolsky-Rosen lleva a predicciones experimentales que difieren de las que hace la mecánica cuántica. En particular, aquél análisis predecía la existencia de un límite a la medida en la que pueden correlacionarse ciertos sucesos distantes, mientras que la mecánica cuántica predice que ese límite puede ser sobrepasado en ciertas circunstancias.

Los resultados de la mecánica cuántica —una teoría muy exitosa en cuanto a sus predicciones— chocan con aquellos dos principios que son presupuestos fundamentales de la visión de Einstein. De hecho son dos principios fundamentales requeridos respectivamente por dos teorías que él desarrolló y que hoy en día se encuentran bien establecidas: la relatividad especial y la relatividad general.

Los datos observacionales que se han obtenido en los últimos años por medio de experimentos llevados a cabo mediante técnicas crecientemente confiables apoyan los resultados de Bell, pero éstos son incompatibles con los principios de localidad y de separabilidad. Por consiguiente, al menos uno de estos dos principios debería rechazarse. Pero se trata de dos principios fundamentales de la visión einsteiniana del mundo físico, la cual se encuentra bastante bien establecida por razones independientes de las que apoyan los resultados de Bell. ¿Cómo superar esta confrontación conceptual? ¿Debería efectivamente rechazarse alguno de los dos principios fundamentales de la visión einsteiniana? En ese caso, ¿cómo elegir cuál desechar? ¿O acaso no sería mejor abandonar por completo esa visión? ¿Cabe esperar simplemente que esta incompatibilidad de visiones se resuelva mediante una “conversión” de los einsteinianos a la nueva visión, o que se disuelva cuando desaparezcan los defensores del marco einsteiniano? O bien, ¿puede existir una vía racional para dirimir esta controversia?

Los racionalistas científicos sostienen que existe una vía racional para lograr un acuerdo con base en razones específicas, internas al propio contexto científico, las cuales indicarían qué es lo que debe modificarse, y en qué sentido, aunque eso signifique de hecho un cambio de visión del mundo. Pero también esta concepción

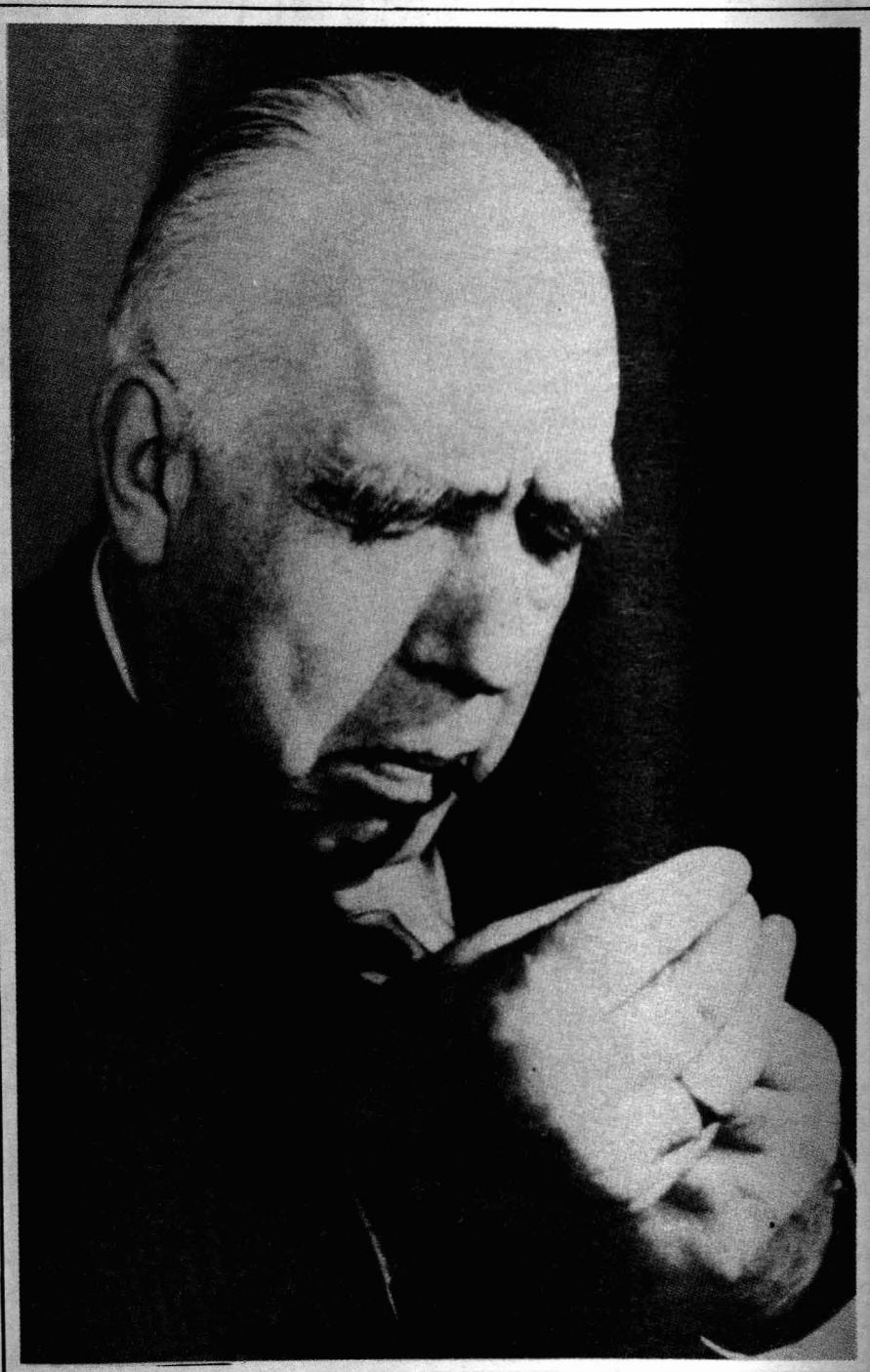
racionalista del cambio rechaza la idea de que éste pueda deberse a, y explicarse en términos de, un procedimiento susceptible de ser reconstruido por medio de algún algoritmo.

Cuestiones como las que hemos mencionado involucran una toma de posición frente a problemas filosóficos; sin embargo, éstos no pueden abordarse ni resolverse por medio de la especulación en abstracto: es necesario tomar en cuenta el conocimiento científico disponible, conocimiento que incluye a su vez presupuestos que forman parte del marco conceptual que constituye a la disciplina

científica en cuestión, como por ejemplo el principio de localidad y el de separabilidad.

El peso que pueden tener en los programas científicos algunas preconcepciones filosóficas puede apreciarse también en un par de artículos incluidos en este número.* En efecto, mientras que Tomás Brody plantea que la noción de “indeterminismo” no puede aplicarse directamente al mundo físico, sino que sólo tiene sentido predicarla de los modelos, de

* Agradecemos al Dr. Miguel José Yacamán, editor de este número, habernos facilitado dichos artículos previamente a la publicación.



Niels Bohr

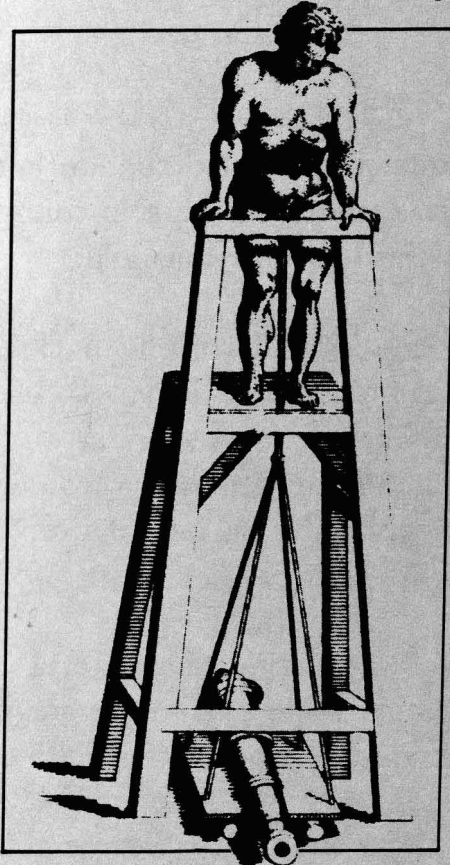
las interpretaciones que los científicos hacen del mundo para dar cuenta de los fenómenos, Luis de la Peña y Ana María Cetto defienden la idea de que el indeterminismo “no es esencial, innato del electrón”, y que una teoría como la de la *electrodinámica estocástica* puede ayudar a “construir una interpretación de la microfísica consiste con principios generales y fundamentales de las ciencias naturales, tales como los de realismo y objetividad”. Esta teoría, añaden, “muestra que existe la posibilidad en principio de encontrar explicaciones físicas al fenómeno cuántico sin necesidad de abandonar caros principios generales”.

Lo que nos importa destacar aquí es que efectivamente existen esos principios generales de carácter filosófico —que suelen ser muy apreciados por los científicos, aunque en muchas ocasiones no los reconozcan—, que esos principios orientan programas de investigación científica, y que ciertamente no son inmutables. Por ejemplo, el programa de De la Peña y Cetto claramente está orientado por los principios (filosóficos) que ellos llaman de “realismo y objetividad”, lo cual los lleva a defender el desarrollo de la *electrodinámica estocástica*. Brody claramente niega que el mundo físico pueda considerarse como determinista o indeterminista. Según él, no se trata de un problema acerca de cómo es el mundo, sino de cómo son nuestras concepciones (modelos) de ese mundo. Estas tomas de posición filosófica determinan programas de investigación científica, y forman parte de lo que Kuhn llamó paradigmas, y que aquí hemos llamado marcos conceptuales que constituyen el conocimiento científico. Pero justamente lo que Kuhn mostró es que “esos caros principios generales” de los científicos han variado a través de la historia, y muchos principios alguna vez apreciados han sido abandonados posteriormente.

Puede ser que Kuhn se haya equivocado al sostener que el cambio científico, el cambio de paradigmas, se parece a las revoluciones políticas o sociales. Ciertamente —como lo sugiere Cordero, siguiendo a Shapere— las controversias entre las posiciones de Einstein y Bohr, o entre los einsteinianos y los defensores de la no-localidad o de la no-separabilidad, son susceptibles de analizarse en tér-

minos de un marco compartido donde la controversia puede progresar racionalmente, es decir, donde cada parte puede ofrecer razones y evidencia que se desprendan de los trabajos científicos mismos, esto es, donde pueden brindar razones internas a la propia ciencia. Pero esto no significa que la controversia no presuponga y no gire en torno a ideas que son esencialmente filosóficas (como el determinismo o el indeterminismo, o el realismo y la objetividad).

Una de las grandes contribuciones de Kuhn a los análisis del cambio concep-



tual en las ciencias ha sido, pues, haber llamado la atención sobre los ejemplos paradigmáticos, los valores, las normas, los presupuestos metafísicos, epistemológicos y metodológicos que forman parte de los marcos conceptuales que condicionan lo que se hace en las ciencias, así como la interpretación de la experiencia, de las observaciones, y en general del mundo.

La propuesta de Kuhn para entender la forma en la que cambian los paradigmas científicos ya no resulta completamente aceptable. El cambio conceptual en las ciencias puede obedecer, después de todo, a razones internas de la ciencia en mayor medida de lo que Kuhn admitió en sus primeras obras filosóficas. El

carácter interno de las razones que conducen a modificaciones de los marcos conceptuales muestra que la ciencia no sólo nos enseña cómo es el mundo, sino que también nos enseña cómo pensar y aprender acerca del mundo. Pero aun cuando las razones que entran en juego para el cambio provengan de resultados de la ciencia misma, queda claro que el cambio conceptual en las ciencias involucra de manera fundamental concepciones filosóficas acerca del mundo y acerca del conocimiento científico. El matrimonio entre la ciencia y la filosofía es, pues, una relación necesaria y no de mera convivencia.

Cuáles sean las concepciones filosóficas que condicionan la investigación y el conocimiento científicos, y cuál su papel en el cambio de las visiones del mundo, es algo que debemos analizar y tratar de comprender. Esto es un fuerte desafío para la filosofía. Tomás Brody, con su muy fina sensibilidad filosófica, aunada a su excelente calidad como científico, tenía razón al afirmar con su habitual ironía: “Para los filósofos queda mucho trabajo por hacer todavía”. Nosotros sólo queremos agregar: felizmente. ♦

Referencias

- Bell, John, “On the problem of hidden variables in quantum mechanics”, en *Reviews of Modern Physics* 38, 1966.
- Cordero, Alberto, “Probability and the mystery of quantum mechanics”, en E. Agazzi (ed.) *Probability in the Sciences*, Kluwer Academic Publishers, 1988.
- Einstein, A., B. Podolsky y N. Rosen, “Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete?”, en *Physical Review* 47, 1935.
- Kuhn, Thomas, *The Structure of Scientific Revolutions*, University of Chicago Press, 1962. Segunda edición 1970. Traducción al español, Fondo de Cultura Económica, México, 1971.
- Laudan, Larry, *Science and Values, The Aims of Science and Their Role in Scientific Debate*, University of California Press, 1984.
- Olivé, León, “Algunos problemas acerca de la objetividad y la racionalidad en ciencia según la concepción de Dudley Shapere”, en *Crítica* 54, 1986.
- Pérez Ransanz, Ana Rosa, “El proceso de internalización en el desarrollo científico”, en *Crítica* 54, 1986.
- Shapere, Dudley, *Reason and the Search for Knowledge*, Boston Studies in the Philosophy of Science, vol. 78, Reidel Publishing Company, 1984.
- , “Objectivity, rationality and scientific change”, en P. Kitcher y P. Asquith, *PSA* 84, vol. II, 1986.
- , “Method in the philosophy of science: how to inquire about inquiry and knowledge”, en N. Nersessian (ed.), *The Process of Science*, Nijhoff, 1987.