



ARTICULOS

PARADIGMAS Y REVOLUCIONES EN CIENCIA Y TECNICA

MARIO BUNGE

Montreal

Desde su comienzo hace cuatro siglos, la ciencia y la técnica modernas han sido sacudidas esporádicamente por profundas revoluciones. Baste recordar algunas de las que ocurrieron en nuestro siglo: el nacimiento de la física atómica y nuclear; la creación de las dos relatividades y de la teoría cuántica; la emergencia de la teoría sintética de la evolución y de la biología molecular; los comienzos de la psicología fisiológica; la consolidación de la historiografía económica y social; y, según algunos, la invención de la gramática generativo-transformacional. En cuanto a las revoluciones tecnológicas, es sabido que han transformado de raíz el estilo de vida en los pueblos industrializados. Baste recordar la revolución en los transportes operada por la difusión del automóvil y del avión, la revolución en las comunicaciones causada por la difusión de la radio y la televisión; la revolución industrial operada por el trabajo en cadena y el taylorismo; la revolución agropecuaria producida por la aplicación de la biología; la racionalización de la administración de empresas en gran escala producida por la investigación operativa; y la revolución producida en el almacenamiento y la elaboración de datos por el uso de las computadoras de alta velocidad.

Estas revoluciones han escapado solamente a los filósofos subjetivistas, dedicados a la autocontemplación, y a los glosocéntricos, fascinados por el verbo. Los demás filósofos han advertido, junto con los científicos y los tecnólogos, las revoluciones científicas y técnicas de nuestro tiempo, o al menos algunas de ellas. Algunos intelectuales se han entusiasmado tanto con algunas de esas revoluciones, que han ignorado la aguda observación de Friedrich Engels, de que todo progreso es unilateral y comporta un retroceso en algún otro respecto. Por ejemplo, el levantamiento de Chomsky constituyó un avance decisivo en sintaxis

pero un retroceso en otras ramas de la lingüística (debido a su menosprecio por la investigación empírica), así como en la psicolingüística (debido a su tesis innatista). Y las computadoras han desviado la atención, de la generación de información, a su elaboración; de la creación de ideas, a su aplicación; de la toma de decisiones, al cumplimiento de éstas.

El concepto de revolución científica o técnica no es nuevo: era familiar a científicos, tecnólogos e historiadores de la ciencia desde el siglo XVIII. Pero se puso de moda recién hace un par de décadas merced a Kuhn (1962). Desde entonces todos hablamos de revoluciones conceptuales o cambios radicales de paradigma. En particular, se ha exagerado la ruptura o discontinuidad a expensas de la continuidad. El mismo Kuhn (1962), Feyerabend (1962), y sus numerosos prosélitos, han sostenido la tesis de que todo nuevo paradigma es «incommensurable» con el desplazado: los nuevos conceptos y marcos conceptuales tendrían significados totalmente disjuntos de los viejos. Desgraciadamente, ninguno de esos autores ha analizado adecuadamente las nociones de paradigma, marco conceptual, cambio de significado, o revolución. Sus pronunciamientos son típicamente imprecisos; más aun, Feyerabend (1981) ha elogiado la imprecisión, creyendo que de esta manera se libra de la responsabilidad de expresarse con claridad. Con este artículo me propongo dilucidar algunas de las nociones clave que manejan Kuhn, Feyerabend y sus prosélitos con la liviandad que caracteriza a una filosofía sin principios, o «gnoseología anarquista», como la llama Feyerabend (1975).

1. PARADIGMAS

Todo ser humano nace en el seno de una sociedad que incluye una cultura, y toda cultura incluye uno o más cam-

pos del conocimiento. Algunos de estos campos son sistemas cerrados de creencias (p. ej. religiones), mientras que otros son campos abiertos de investigación. (Véase Bunge 1983a, 1983b).

Cada campo de conocimiento incluye uno o más marcos conceptuales. Cada uno de estos marcos está compuesto de un punto de vista general (o filosofía), un cuerpo de conocimientos admitidos o presupuestos, y un estilo aceptado de pensamiento, que incluye ciertos métodos para tratar problemas de un tipo dado.

En los campos de investigación maduros predominan, en cada momento, unos pocos marcos conceptuales: los marcos rivales, si los hay, son marginales. Los marcos conceptuales dominantes, o *paragones*, han sido llamados *estilos de pensamiento* (Fleck, 1935) y *paradigmas* (Kuhn 1962). En los campos de investigación emergentes, o en desarrollo, no hay tales marcos conceptuales dominantes, estilos de pensamiento, o paradigmas. Por ejemplo, la psicología y la sociología aún están a la búsqueda de sus paradigmas, en tanto que la química tiene los suyos. (Contrariamente a una opinión difundida, una ciencia madura puede poseer más de un paradigma. Por ejemplo un químico teórico puede utilizar, en la misma investigación, la cinética química clásica, un modelo de moléculas compuesto de esferas y radios, y la química cuántica, o sea, un total de tres paradigmas.)

Aquellos de nosotros que nos convertimos en investigadores profesionales (científicos, tecnólogos o humanistas creadores) lo hacemos aprehendiendo los rasgos principales de los marcos dominantes (paradigmas) en uno o más campos de investigación (p. ej. física y matemática, o biología celular y bioquímica, o economía política e historia). Aprendemos principalmente estudiando casos modelo o *ejemplares* (como los llama Kuhn 1970) de resolución de problemas. Y aportamos contribuciones originales cuando planteamos o resolvemos problemas nuevos dentro del marco existente, o cuando proponemos cambios importantes y viables en dicho marco. En el primer caso hacemos, para emplear términos favoritos de Kuhn, investigación *normal*. En el segundo hacemos investigación *extraordinaria*, la que puede desembocar en un avance decisivo (*breakthrough*) o incluso en una revolución conceptual.

Los investigadores en ciencia, tecnología y las humanidades han sabido todo esto desde hace tiempo: todos hemos comprendido que no es lo mismo andar por camino trillado que abrir nuevos caminos, resolver un ejercicio que escribir una tesis doctoral, modificar un artefacto que inventarlo. Kuhn tuvo el mérito de llamar la atención sobre estas ideas. Lo que sigue siendo problemático son las nociones mismas de marco conceptual, de paradigma, y de revolución en el mismo. Ninguna de estas nociones ha sido dilucidada cuidadosamente, sea por Kuhn, sea por sus prosélitos o críticos. (Véase p. ej. Lakatos y Musgrave 1970.) Intentemos aclarar esas nociones.

2. MARCO CONCEPTUAL

Un campo de investigación puede analizarse como compuesto por un marco material y un marco conceptual.

(Este dualismo es metodológico, no ontológico). El primero está constituido por una comunidad de investigadores, la sociedad que la apoya (o al menos la tolera), y el dominio de objetos que estudian los investigadores (p. ej. los ecosistemas en el caso de la ecología). (En el caso de las disciplinas formales y humanísticas los objetos de estudio son conceptuales, de modo que la expresión «marco material» es un tanto engañosa: se necesita un nombre más adecuado).

Un *marco conceptual* en un campo epistémico E dado puede caracterizarse como una septupla

$$E_c = [G, F, B, P, K, A, M],$$

donde:

- G = *concepción general* o transfondo filosófico.
- F = *transfondo formal* (presuposiciones lógicas o matemáticas)
- B = *transfondo específico* (cuerpo de conocimientos tomados en préstamo)
- P = *problemática* (colección de problemas que puede investigarse en E)
- K = *fondo de conocimientos* obtenidos previamente por miembros de la comunidad de investigadores
- A = *objetivos* o metas de la investigación, y
- M = *metódica* (colección de métodos de E).

Todo miembro de una comunidad de investigadores, con excepción del impostor ocasional, se ocupa de diseñar o de poner en práctica uno o más proyectos de investigación. Un *proyecto de investigación* en un campo de investigación caracterizado por un marco conceptual $E_c = [G, F, B, P, K, A, M]$ puede entenderse como una septupla $P = [g, f, b, p, k, a, m]$, cada una de cuyas componentes es un subconjunto de la correspondiente componente de E_c .

Se dirá que dos o más proyectos de investigación *compiten* entre sí, si tratan de los mismos (o casi los mismos) problemas de manera diferente, p. ej. empleando métodos especiales diferentes. Por ejemplo, en una época los físicos se dividían en corpuscularistas y plenistas (o continuistas); y hoy día los científicos sociales pueden clasificarse en globalistas, individualistas y sistematistas. No hay competencia si los objetos que se investiga o los objetivos son diferentes, p. ej. teóricos en un caso y prácticos en el otro.

Un *ejemplar* puede definirse como un proyecto de investigación que, (a) habiendo sido exitoso en el pasado, (b) es imitado (tomado como modelo) en un nuevo trabajo de investigación. Lakatos (1978) propuso su propia noción de *programa de investigación*, concebido como sucesión de teorías en sí mismas (o sea, habitantes del reino platónico de las ideas), como «reconstrucción objetiva» de la noción kuhniana de paradigma. De hecho constituye una adulteración de ésta porque para Kuhn, con toda razón, (a) la investigación científica no se limita a teorizar, y (b) las teorías no planean por encima de las circunstancias sociales. Kuhn insiste, acertadamente, en que los investigadores no se desenvuelven en un vacío social sino en el seno de comunidades de investigadores. Una crítica parecida puede hacerse al análisis de Stegmüller (1976), el que, para peor, reposa sobre el análisis erróneo de las teorías científicas propuesto por Sneed (1971), quien, entre otras cosas, ignora el concepto de significado fáctico (Bunge 1983a, 1983b).

3. INVESTIGACION NORMAL Y EXTRAORDINARIA

Definiremos la *investigación normal*, sea en ciencia, tecnología, o las humanidades, como la puesta en práctica de un proyecto de investigación dentro de un marco conceptual existente y en imitación de algún ejemplar. En cambio, *investigación extraordinaria* es aquella que puede desembocar en una innovación radical en algún marco conceptual, tal como un cambio importante en la concepción general, en la problemática, o en la metódica. Si tiene éxito el nuevo marco conceptual engendra nuevos ejemplares que inspiran un nuevo ciclo de investigación normal.

La investigación normal acapara casi toda la atención de los investigadores, y a menudo es excitante. (Incluso aquellos revolucionarios que logran construir un nuevo marco conceptual hacen investigación normal cuando adoptan el nuevo paradigma para investigar problemas distintos de los que dieron lugar al nacimiento del nuevo marco.) La investigación normal es a menudo predecible en grandes líneas, pero algunas veces no lo es. En efecto, algunas veces nos muestra que nuestras intuiciones y expectativas eran erróneas, como cuando Maxwell descubrió teóricamente que la viscosidad de un gas no está relacionada con su densidad. (Véase Peierls 1979 para una buena selección de sorpresas en el curso de investigaciones normales en física teórica.)

Los filósofos tienen preferencia por los resultados de la investigación extraordinaria: éstos brillan más y son los únicos que llegan a los libros de divulgación. Algunos, en particular Popper (1970), creen que la investigación normal es cosa de rutina o aun de dogma, y por lo tanto peligrosa. Esto no es así: la mayor parte de los avances decisivos (*breakthroughs*) ocurren dentro de marcos conceptuales existentes. Ejemplos: el análisis matemático en el siglo XVIII (en contraste con el del siglo anterior); los trabajos de Laplace sobre probabilidades (*versus* los trabajos anteriores); la contribución de Frege a la lógica (a diferencia de la de Boole y de Morgan); la axiomatización de la teoría de conjuntos (*vs.* su creación por Cantor); la moderna teoría del estado sólido y la química cuántica (*vs.* la invención de la teoría cuántica básica); e incluso la genética molecular (*vs.* la genética clásica), si hemos de creer a Maynard Smith (1972).

Más aún, toda revolución conceptual tiene sus raíces en algún marco conceptual. Lo que es verdad es que la investigación normal no es tan atractiva como la extraordinaria, y por este motivo no suele aparecer en televisión. También es verdad que el aferrarse a un marco conceptual cualquiera, por fértil que haya sido, puede acabar en rigidez dogmática: en rehusarse a ensayar nuevas teorías o diseños, e incluso en la negativa a admitir la derrota por obra de observaciones, experimentos o ensayos. Volveremos a este punto.

La investigación extraordinaria involucra un cambio en el estilo de pensamiento y, por consiguiente, causa una reorientación de la investigación. Si el resultado es un avance considerable, constituye una revolución epistémica, o lo que Bachelard (1938) llamó una *rupture épistémologique*.

Más, precisamente, diremos que un proyecto de investigación exitoso constituye una *revolución epistémica*, relativa a un marco conceptual E_c dado, si, y solamente si, (a) involucra apartamientos en algunas de las componentes de E_c (no en todas), o (b) abre un nuevo campo de investigación sin cortar sus lazos con todos los existentes. Ejemplos de revoluciones epistémicas: las efectuadas por Newton, Darwin, Marx y Cantor. Estos hombres alteraron de manera profunda y duradera los parangones o estilos de pensamiento prevalecientes.

Sin embargo, la investigación extraordinaria no es necesariamente revolucionaria: puede acabar en una contra-revolución epistémica, o sea, en un retorno parcial a algún marco conceptual anterior. (Nunca hay retornos completos.) Diremos que un proyecto de investigación es una *contra-revolución epistémica* relativamente a un marco conceptual E_c si, y solamente si, involucra (a) el abandonar, sin buenos motivos, partes importantes de cualesquiera de las siete componentes de E_c , o (b) el regresar a ideas o procedimientos que resultaron ser inadecuados en el pasado y, más aun, fueron superados por E_c .

El cognitivismo (o psicología informacionista) contemporáneo es un caso de contra-revolución epistémica, por su mentalismo, su desinterés por la biología (en particular la neurociencia) y su falta de preocupación por el experimento. Otro ejemplo es la revuelta romántica contra el positivismo (p. ej. Feyerabend 1975). En otros casos la investigación extraordinaria resulta en una mezcla de revolución con contra-revolución. Un ejemplo de semejante mezcla es el conductismo, con su metódica escrupulosa, su problemática estrecha, y su renuncia casi total a la teoría. Otro mixto de revolución y contra-revolución es, como se afirmó al comienzo, la gramática generativo-transformacional.

La investigación normal y la extraordinaria se dan al mismo tiempo. En todo campo de investigación se da la tensión, que señala Kuhn (1977) entre la tradición y el cambio. Esta tensión, aunque obvia, es ignorada por los gradualistas (que conciben la historia del conocimiento como una acumulación) y por los catastrofistas (quienes se ocupan tan sólo de las revoluciones). No se alcanza una visión equilibrada del desarrollo histórico del conocimiento a menos que se tenga en cuenta dicha tensión.

La contribución más importante de Kuhn (1977) a la metodología es su observación de que los datos negativos o desfavorables a alguna hipótesis o teoría, son tratados de manera diferente en la investigación normal y en la extraordinaria. En el primer caso se intenta *acomodar* la evidencia negativa al marco conceptual dominante (o paradigma), mientras que en el caso de la investigación extraordinaria dicha anomalía se emplea para *minar* el marco conceptual. (En otras palabras, mientras en investigación normal se niega o reinterpreta el dato desfavorable, en la extraordinaria se niega o reinterpreta la teoría.)

El dato negativo puede acomodarse al marco conceptual dominante aumentando la teoría tradicional con hipótesis *ad hoc* destinadas a salvarla, o proponiendo nuevas teorías en el «espíritu» del marco conceptual prevalente. (Véase Bunge 1973, 1983a para la noción de hipótesis *ad hoc* de buena fe.) No hay nada que objetar a estas tácticas a menos que sigan apareciendo serias anomalías, o sea, a me-

nos que el marco conceptual entre en crisis. En tal caso es aconsejable ensayar alteraciones radicales. Por supuesto, cualquier proyecto de reforma radical será resistido por los investigadores que se han habituado al viejo marco conceptual. A veces se tornan tan conservadores que intentan censurar la publicación de críticas, de ideas nuevas, o incluso de datos desfavorables. Pero eventualmente la resistencia a la novedad se debilita y el nuevo marco conceptual prevalece. El cambio es esencial a la ciencia y la tecnología.

4. EL EVOLUCIONISMO SUPERA AL GRADUALISMO Y AL CATASTROFISMO

El conocimiento humano puede avanzar de tres maneras: *Gradualmente*, por *avances decisivos (breakthroughs)*, o por *revoluciones*. El avance gradual consiste en agregados o en desgastes: en ganar algunos items de información o en descartar otros al advertir que son inadecuados. El avance gradual se da siempre dentro de algún marco conceptual. De vez en cuando ocurre en éste un avance decisivo: a saber, cuando se resuelve un problema o constelación de problemas, de modo que se puede formular nuevos problemas dentro del mismo marco conceptual. Y las revoluciones consisten en la emergencia de nuevos marcos conceptuales, que reemplazan a los anteriores o sustituyen a la mera ignorancia.

Siendo así, es un error optar por el gradualismo (favorecido por el empirismo) o por el catastrofismo (favorecido tanto por el racionalismo como por el irracionalismo). La historia del conocimiento, como la de cualquier otra empresa humana, e incluso la de cualquier sector de la realidad, muestra no sólo cambios graduales y decisivos, sino también revoluciones. La síntesis de gradualismo y catastrofismo es, por supuesto, el *evolucionismo*.

Según la concepción evolucionista del desarrollo del conocimiento, que proponemos, hay (a) *permanencia* de algunos principios filosóficos generales que impulsan toda investigación objetiva (p. ej. las tesis de que la realidad es legal y puede conocerse); (b) *agregado y suprimido incesantes* de datos, técnicas, hipótesis, teorías y planes, (c) *revoluciones ocasionales*, que respetan partes del transfondo de conocimiento y alteran otras, y que acaban en nuevos marcos conceptuales.

La concepción evolucionista de la marcha del conocimiento conserva las tesis verdaderas del gradualismo y del catastrofismo al par que rechaza sus tesis falsas. En particular, el evolucionismo rechaza la tesis de moda, de que el conocimiento avanza primordialmente por reemplazo, no por adición. Esto no es siempre así: el análisis matemático, el álgebra abstracta, la genética, la teoría del control, y la historia económica, por no citar sino cinco innovaciones revolucionarias, no reemplazaron sino a la ignorancia. En estos casos y varios otros no hubo marco conceptual rival que criticar y reemplazar.

Una segunda tesis, relacionada con la anterior e igualmente errónea, es la de que toda revolución responde a alguna crisis. (Podemos decir que un campo de investigación está en estado de *crisis* si está estancado, o está dominado por una única escuela estrecha, o está fragmentado en di-

versas escuelas rivales, o está dividido en muchas especialidades estrechas y apenas relacionadas entre sí, o algunos de sus propios resultados amenazan a sus marcos conceptuales dominantes.) Algunas crisis preparan revoluciones, pero no toda revolución resulta de una crisis.

Es cierto que todo campo epistémico parece haber pasado por algún período de crisis, y que algunos campos, tales como la sociología, parecen estar en estado de crisis permanente. Sin embargo, en algunos campos ocurren avances decisivos y aun revoluciones sin que los preceda ninguna crisis profunda. Por ejemplo, el descubrimiento de ciertas contradicciones («paradojas») en el análisis matemático, y más tarde en la teoría de conjuntos, no causó el desbande de la profesión matemática ni la obligó a abandonar principios básicos. Los problemas fueron resueltos con una dosis mayor de la medicina habitual, a saber, rigor y teoría. Y cuando Husserl publicó *La crisis de la ciencia europea* (1936), lo que estaba verdaderamente en crisis era la sociedad alemana y en particular la filosofía alemana: fuera de ella la ciencia florecía, aunque por supuesto tenía sus problemas, como los tiene todo lo que crece.

Una tercera tesis errónea del catastrofismo es la de que toda revolución epistémica arrolla con los logros anteriores: que produce el «colapso» de teorías y métodos anteriores, los que son «derrocados» por los rivales victoriosos. (Lakatos 1978 es uno de los filósofos que emplean esta terminología política.) Esta analogía con la política y la guerra es equivocada en muchos casos. Por ejemplo, las dos relatividades de Einstein, lejos de demoler la física clásica, constituyen su cúspide: Einstein continuó y culminó el trabajo comenzado por Faraday y Maxwell, así como por Poisson y Riemann. Más aún, la noticia del fallecimiento de la mecánica clásica y otras teorías clásicas es exagerada, como diría Mark Twain: todavía se las trabaja y moderniza, como puede verlo cualquiera que se tome la molestia de consultar el *Journal of Rational Mechanics and Analysis*. Al fin de cuentas, las teorías clásicas permiten resolver muchos problemas en buena aproximación. Y en todo caso aun las revoluciones más drásticas son siempre *parciales*: sólo alteran algunas de las componentes del sistema total de conocimientos del momento. Por ejemplo, la relatividad especial no tocó la matemática ni la electrodinámica clásica; y la biología molecular no alteró la química.

Una cuarta tesis errónea del catastrofismo, y por cierto que es una tesis peligrosa, es la de que todo marco conceptual es una especie de prisión mental de la que no podemos escapar de manera racional: cuando nos escapamos lo hacemos como acto de fe. Esta tesis es errónea tanto psicológica como metodológicamente. Los científicos y tecnólogos no operan como místicos o como prosélitos fanáticos de una ideología religiosa o política. Por el contrario, a menudo son capaces de examinar sus teorías o métodos favoritos. Son capaces de reconocer errores formales o empíricos, y casi siempre logran corregirlos. Como dice Popper (1970 p. 56), «si lo intentamos, podemos librarnos de nuestro marco en cualquier momento».

En la sección siguiente criticaremos una quinta tesis errada del catastrofismo: la de la «incommensurabilidad» de paradigmas rivales. Por ahora basta lo dicho para refutar tanto al catastrofismo como al gradualismo (o cumulativismo). La marcha del conocimiento es continua en algunos

respectos y discontinua en otros. Todo cambio epistémico, por drástico que sea, es parcial antes que total. (Sólo los charlatanes rechazan la totalidad del sistema de conocimientos existentes.) Y los cambios epistémicos son desiguales: en cada período algunas ramas de la investigación avanzan más rápidamente que otras, con lo cual dan inspiración y a veces incluso dirección a las menos desarrolladas. Más aun, la frontera no avanza rellenando todos los huecos: quedan detrás incontables bolsones de problemas no resueltos, algunos de los cuales serán planteados más adelante, en tanto que otros serán olvidados para siempre.

5. EL MITO DE LA «INCONMESURABILIDAD»

De todas las tesis catastrofistas, la más catastrófica es la de la «incomensurabilidad» de los marcos conceptuales y teorías que se suceden históricamente (Kuhn 1962, 1977, Feyerabend 1962, 1975). Algunos presuntos revolucionarios políticos han acogido con entusiasmo esta tesis por considerarla revolucionaria. Se verá a continuación que, aunque novedosa, la tesis de la «incomensurabilidad» es contra-revolucionaria, porque destruye el concepto de verdad objetiva y elimina la idea de progreso del conocimiento. Además, hace a un lado los criterios de evaluación objetiva de las teorías y, con esto, borra la distinción entre ciencia y pseudociencia, así como la frontera entre tecnología y magia.

Ni Kuhn ni Feyerabend, los campeones de la tesis de la «incomensurabilidad», ha formulado claramente lo que entienden por ésta. Ambos son filósofos inexactos y se han limitado, esencialmente, a discutir el caso de los conceptos de masa que figuran en la mecánica clásica de las partículas y la mecánica relativista de las partículas. (Una comparación responsable de estas teorías exige su previa axiomatización, tarea ésta que no es de competencia de Kuhn ni de Feyerabend, y que ninguno de los dos considera útil.)

Al parecer, la «incomensurabilidad» sería una incompatibilidad gnoseológica derivada del desplazamiento de significado de la palabra «masa» que aparece en los lenguajes de las teorías de marras. Es verdad que la palabra «masa» no significa exactamente lo mismo en la mecánica clásica y en la relativista: en la primera denota una propiedad intrínseca de las partículas, y en la segunda una propiedad de éstas relativa a sistemas de referencia. (Recuérdese que la masa relativista crece con la velocidad relativa al referencial adoptado.) Por consiguiente, aunque la vieja teoría parece reducirse formalmente a la primera (o sea, deducirse de ésta), en realidad no estaría incluida en ella porque «masa» no designa el mismo concepto en ambas teorías. Al no denotar la misma propiedad, las dos teorías no comparten el mismo «vocabulario observacional», de modo que no hay manera de decidir entre ellas mediante datos empíricos. La experiencia no puede favorecer a una de ellas: si elegimos la mecánica relativista no es porque la experiencia la haya confirmado.

En suma, según Kuhn y Feyerabend, cuando una teoría reemplaza a otra, no es porque la primera sea más comprensiva que la segunda: no hay invariantes del cambio teórico, nada permanece en el curso del mismo. Lo mismo val-

dría para todas las revoluciones científicas: al adoptarse una nueva teoría se haría borrón y cuenta nueva. La historia del conocimiento sería un eterno recomenzar: no habría progreso sino un zigzagueo. Hasta aquí, Kuhn y Feyerabend.

Las objeciones más obvias a la tesis de la «incomensurabilidad» son estas: (a) Los físicos siempre han comparado los conceptos (comparables) que figuran en teorías rivales. Esta comparación ha sido tanto teórica como empírica: en el primer caso se averigua cómo se relaciona el nuevo concepto con el viejo, y en el segundo se investiga si hay datos empíricos que favorecen a uno de ellos. Veamos cómo se procede teóricamente en el caso del concepto relativista M_R de masa de un cuerpo. Desde el punto de vista matemático, M_R es una función

$$M_R: C \times S \times U_M \rightarrow \mathbb{R}^+$$

que asigna a cada terna $[c, s, u]$ formada por un cuerpo $c \in C$, un sistema de referencia $s \in S$ (p. ej. un laboratorio) y una unidad de masa $u \in U_M$ (p. ej. el gramo), un número real no nulo $r \in \mathbb{R}^+$. O sea, $M_R(c, s, u) = r$. Si ahora hacemos de cuenta que la colección íntegra S de sistemas de referencia se reduce a un referencial s único (el referencial de reposo), obtenemos la definición de la masa clásica, a saber, la función

$$M_C: C \times U_M \rightarrow \mathbb{R}^+ \text{ tal que } M_C(c, u) = M_R(c, s, u).$$

O sea, contrariamente a la afirmación de Kuhn y Feyerabend, el concepto clásico de masa *se reduce exactamente* al relativista. Con los demás conceptos sucede algo similar.

(b) Los físicos y otros científicos están también habituados a comparar teorías rivales, tanto empírica como teóricamente. En el caso de las mecánicas clásica y relativista se comprueba que todas las fórmulas clásicas resultan de fórmulas relativistas correspondientes para velocidades pequeñas comparadas con la velocidad de la luz en el vacío. La recíproca es falsa: hay fórmulas relativistas carentes de correlato clásico. (Por ejemplo, la energía en reposo es igual a la masa en reposo multiplicada por el cuadrado de la velocidad de la luz.) La conclusión es obvia: es posible comparar las teorías clásica y relativista, y el resultado de esta comparación es que *la segunda es más amplia que la primera*. Cada vez que surge una teoría rival se la compara con la teoría dominante. Más aún, lejos de ser libres creaciones del espíritu, las teorías científicas se construyen teniendo en cuenta ciertas limitaciones que reducen las posibilidades teóricas. Una de ellas es la exigencia de compatibilidad con la información empírica disponible. Otras limitaciones son ciertos principios metateóricos, de los cuales destacamos *el principio de correspondencia*. Este principio, al que debe sujetarse toda teoría nueva que tenga rival, establece que la primera debe incluir la segunda como caso particular (p. ej. para pequeñas velocidades).

(c) Aunque Kuhn y Feyerabend centran su discusión de la pretendida incomensurabilidad en los conceptos de significado y de cambio de significado, carecen de una semántica capaz de dilucidar dichos conceptos. Por consiguiente su discurso permanece en las nubes no técnicas del lenguaje ordinario: se trata de ideas inexactas acerca de teorías exactas tales como las mecánicas. Sin embargo, es

posible construir una teoría exacta del significado y aplicarla a pares de teorías rivales: véase Bunge 1974a, 1974b, 1978. Según esta teoría, el significado de un concepto es igual al par ordenado [sentido, referencia]. Dos conceptos son comparables si, y solamente si, comparten en alguna medida su sentido o su referencia. (Como hemos visto, éste es el caso de los conceptos de masa en las mecánicas clásica y relativista.) Dos teorías son comparables si poseen conceptos comparables. Al ser comparables permiten el planteo de algunos problemas comunes, aunque los resuelvan de maneras diferentes. Al sopesar las teorías se evalúa las soluciones que dan a tales problemas comunes. Se prefiere la teoría que dé las soluciones que mejor se ajustan a los datos empíricos y a otras teorías. Pero ya nos estamos metiendo en el terreno que cubre la próxima sección.

En resolución, si dos teorías son rivales es porque tienen algo en común y a la vez difieren en algún otro respecto. Por ejemplo, la teoría según la cual algunas mutaciones génicas son neutras compite con la genética estándar, según la cual toda mutación es, ya ventajosa, ya desventajosa. En cambio, una teoría lingüística no puede competir con una teoría geológica, porque sus clases de referencia, y por lo tanto sus sentidos, son disyuntos: este es un caso de «incomensurabilidad», pero no de rivalidad. Para que dos teorías sean genuinamente rivales deben disputarse un dominio de hechos, o sea, deben tener referentes comunes. (Por ejemplo, la mecánica clásica y la relativista se refieren a cuerpos, en particular partículas.) Esto basta para que compartan un núcleo de significado. Una vez establecida la rivalidad de dos teorías se presenta el problema de elegir entre ellas. Este será tema de la sección siguiente.

6. CRITERIOS DE EVALUACION DE TEORIAS

Según Kuhn, Feyerabend, y sus prosélitos, puesto que las teorías rivales son «incomensurables» o incomparables, no puede haber criterios objetivos que permitan escoger entre ellas. Sin embargo, todos los investigadores serios saben que hay criterios objetivos. El que éstos no siempre se formulen explícitamente, y el que no pueda aplicárselos mecánicamente, es harina de otro costal. Lo esencial es que, en ciencia, las teorías no se eligen arbitrariamente, o porque convengan a intereses creados. Por el contrario, la elección se hace sobre la base de los resultados de ciertos tests, algunos de los cuales son conceptuales y los demás empíricos. Bastará mencionar los principales. (Para análisis detallados véase Bunge 1969, 1983d.)

Los tests a que se somete una teoría científica antes de aceptarla o rechazarla son de distintos tipos: lógico-matemáticos, semánticos, gnoseológicos, metodológicos, y filosóficos. Más precisamente, dada una teoría T tiene una obligación moral de formularse (más o menos explícitamente) las preguntas siguientes:

(I) ¿Contiene T fórmulas mal formadas, tales como « $y=x/0$ »?

(II) ¿Contiene T contradicciones, tal como « $x=a$ & $x>a$ »?



(III) ¿Es T una teoría propiamente dicha (un sistema hipotético-deductivo), o es meramente un conjunto de fórmulas sin estructura deductiva?

(IV) ¿Contiene T errores matemáticos insalvables, o sea, cuya corrección le quita interés o es causa de que fracase en los demás tests?

(V) ¿Contiene T fórmulas semánticamente mal construidas, o sea, interpretadas incorrectamente?

(VI) ¿Es T incompatible con alguna teoría vecina satisfactoriamente establecida? (Ejemplo: una teoría biológica, o psicológica, que contradiga las leyes de la física o de la química.)

(VII) ¿Es T incompatible con un gran número de datos empíricos?

(VIII) ¿Es T *ad hoc* o cubre un campo de hechos más amplio que el conjunto de datos que el teórico se propone explicar?

(IX) ¿Es T superficial o profunda? (Por ejemplo, ¿aplica T el comportamiento exploratorio de un animal, o se limita a describirlo?)

(X) ¿Sugiere T nuevas técnicas o nuevos experimentos?

(XI) ¿Unifica T campos del conocimiento, o dominios de hechos, antes disyuntos?

(XII) ¿Es T de un tipo conocido, o de un género nuevo?

(XIII) ¿Es T susceptible de ser puesta a la prueba empírica, o contiene hipótesis que le permiten sostenerse cualquiera sea el resultado de la experiencia?

(XIV) ¿Contiene o presupone *T* hipótesis incompatibles con la ontología científica, según la cual el mundo está compuesto exclusivamente de cosas concretas (materiales) en flujo? (Ejemplo de una teoría incompatible con dicha ontología: una que contenga la hipótesis de que existen mentes desencarnadas.)

(XV) ¿Contiene o presupone *T* alguna hipótesis incompatible con la gnoseología científica, según la cual (a) es posible conocer (gradual y parcialmente) algunas cosas, (b) toda investigación científica usa a la vez la razón y la experiencia, la construcción conceptual y la percepción, y (c) todo conocimiento científico es tanto falible como perfectible?

En última instancia todos estos tests nos proveen *indicadores ambiguos de verdad objetiva*. Algunos de ellos (p. ej. coherencia interna y compatibilidad con los datos) son necesarios. Otros (p. ej. poder unificador y poder heurístico) son solamente deseables. Ninguno de ellos es suficiente para aceptar una teoría, aunque el incumplimiento de algunas condiciones (las necesarias) basta para rechazarla. Por este motivo, o sea, porque los tests nos dan solamente indicadores, necesitamos una batería íntegra de ellos. (Algo similar acontece con los indicadores en física atómica y en economía política: cuantos más sean los indicadores mutuamente independientes, tanto mejor se reforzarán mutuamente.)

El estudio de la historia de la ciencia revela que, en efecto, los científicos confrontados con teorías rivales se han servido de algunos de los criterios mencionados. Es verdad que, en ocasiones, han prevalecido consideraciones extracientíficas, tales como la moda o la ideología dominante. Por ejemplo, mientras reinó el mecanicismo se prefirió teorías que lo explicaban todo en términos de cuerpos en movimiento. Y se ha rechazado teorías sobre la generación espontánea (el origen abiótico) de la vida por considerárselas incompatibles con un dogma religioso. Pero esto sólo muestra que los científicos, por destacados que sean, no logran abstraerse a todas las presiones del medio, por lo cual a veces se comportan de manera no científica. (La metodología es normativa, no descriptiva: dice cómo hay que proceder si se ha de alcanzar resultados óptimos. La historia, en cambio, dice cómo se procede de hecho. El historiador cuenta la verdad, el metodólogo dice qué es la verdad.)

También es cierto que, como lo subraya Kuhn, no hay algoritmos de elección de teorías: es imposible programar una computadora para que haga la elección por nosotros. Pero esto no demuestra que no se haga uso de criterios de elección. Tampoco disponemos de algoritmos para elegir carreras, pero de esto no se sigue que lo que hagamos arbitrariamente o empujados tan sólo por las circunstancias. Tampoco está demostrado que jamás se logre construir recetas para elegir teorías. Acaso se logre si la metodología alcanza un alto grado de desarrollo.

En definitiva, se dispone de tests estrictamente metodológicos para evaluar teorías científicas. Estos son tests de verdad objetiva y por lo tanto difieren tanto de los criterios subjetivos tales como la belleza y la simplicidad, cuanto de los tests sociales tales como el ajuste a la moda o a los intereses de un grupo social determinado. El que aquellos tests no siempre se ejecuten, no indica que sean impotentes para

distinguir la verdad del error, la ciencia de la pseudociencia, o la tecnología de la magia. Sólo indican que el científico está tan expuesto al error como cualquier hijo de vecino.

7. CONCLUSION: NI ANARQUISMO NI AUTORITARISMO

Hace un momento recordamos que la metodología es prescriptiva o normativa: indica cómo debiera procederse para investigar con éxito, o sea, para obtener soluciones máximamente verdaderas a problemas de conocimiento. Ahora bien, no toda metodología cumple de hecho esta función. Hay metodologías excesivamente restrictivas que, lejos de impulsar la investigación, la constriñen. Un ejemplo de semejante metodología autoritaria es el empirismo radical, que aprueba solamente los conceptos que tienen contrapartes perceptuales u operatorias.

Sin embargo, se ha creído a menudo que el empirismo radical, al oponerse a la especulación desenfadada, constituyó una revolución gnoseológica que abrió las puertas al avance científico. Esto valdría si, en efecto, la investigación científica se limitara a acumular datos para la obtención de los cuales no hace falta teoría alguna. Dado que de hecho la investigación científica posee una componente teórica, y que no hay datos empíricos interesantes que no hayan sido obtenidos a la luz de alguna hipótesis o teoría, esa filosofía no propende al avance del conocimiento. A lo sumo sirve para podar especulaciones infundadas.

Más aún, el empirismo radical, al aferrarse a la ilusoria certidumbre de la experiencia sensible, es un eficaz preventivo de revoluciones científicas. Así lo comprendió el fundador del operacionismo, el eminente físico (premio Nobel) Percy W. Bridgman. En efecto, éste escribió que solamente el firme apego a la experiencia podría garantizar «el que se torne por siempre imposible otro cambio de nuestra actitud, tal como el debido a Einstein. Acaso fue perdonable el que haya ocurrido una revolución en la actitud mental, dado que, al fin y al cabo, la física es una ciencia joven, y los físicos han estado muy ocupados; pero sería ciertamente imperdonable el que semejante revolución vuelva a hacerse necesaria» (Bridgman 1927 p. 2). El operacionismo fue visto, pues, como garantía contra lo que más apreciamos: las revoluciones científicas.

El fracaso de la metodología empirista radical (o de cualquier otra metodología igualmente restrictiva) sugiere el reemplazarla por otra, más abierta a la teoría, aunque no menos rigurosa respecto de la contrastación empírica. Sin embargo, cuando se carece de alternativa es tentador el abrazar el escepticismo radical y proclamar el necesario fracaso de toda metodología, o aun la inexistencia de todo método. Este es el caso de Feyerabend (1975), el metodoclasta de moda. Este filósofo ha expuesto (de manera poco clara aunque con mucha redundancia) la doctrina que llama «anarquismo gnoseológico». Esta doctrina no tiene sino un principio: *Anything goes* (*Todo vale*). En otras palabras, según el anarquismo metodológico, al igual que en la lucha libre (*catch-as catch-can*), no hay principios.

Se comprende que, cuando se carece de principios, se sienta uno libre de pensar y obrar como le parezca. Esto

ocurre no sólo en filosofía y en moral sino también en ciencia. En efecto, en ausencia de teorías se puede esperar cualquier cosa: milagros, telepatía, psicoquinesis, magia, etc. En cuanto se dispone de una teoría referente a hechos de cierto tipo, los hechos esperables constituyen un pequeño subconjunto de los hechos lógicamente posibles. Esta actitud de expectativa teórica, a diferencia de la ingenua o atórica, ahorra mucha búsqueda al azar y por tanto de bajo rendimiento. Es verdad que en ocasiones puede llevar a negar la existencia de hechos bien certificados. Pero este peligro se conjura, no abriendo la mente a cualquier cosa, sino adoptando reglas adicionales, por ejemplo, la regla que manda investigar todo hecho anómalo en lugar de ignorarlo o «racionalizarlo».

Quienquiera que haya hecho investigación científica, o meramente averiguaciones escrupulosas, sabe que la consigna *Todo vale* no se emplea ni debiera emplearse. El anarquismo gnoseológico no es la respuesta adecuada al autoritarismo metodológico. Así como éste se opone a las revoluciones conceptuales, aquél fomenta la superstición, el charlatanismo y la improvisación. (No es coincidencia el que Feyerabend (1975) sostenga que el creacionismo, la astrología y la magia no son menos respetables que el evolucionismo, la astronomía y la tecnología respectivamente.) El anarquismo gnoseológico (o escepticismo radical) no constituye el triunfo de una tolerancia intelectual sino de la vaciedad e irresponsabilidad intelectuales. Cuando se echa por la borda todo criterio de evaluación, *nada vale*.

La respuesta correcta a una metodología autoritaria y dogmática no es la antimetodología sino una metodología que ayude a buscar la verdad profunda y a evaluar propuestas de reforma o de revolución en materia de conocimiento. Semejante metodología incluye el escepticismo metódico o moderado (en contraste con el sistemático o radical), único antídoto eficaz contra el dogmatismo (o autoritarismo gnoseológico). Pero tal escepticismo no basta porque no es constructivo: la duda es un punto de partida o una etapa de tránsito, no de llegada. Una metodología capaz de fomentar la búsqueda de la verdad profunda debe incluir también principios positivos. Entre éstos deben figurar los que mandan buscar pautas generales y expresarlas con la mayor exactitud posible, construir teorías audaces y someterlas a pruebas empíricas rigurosas, examinar con tolerancia ideas nuevas pero abstenerse de abrazarlas mientras no hayan aprobado exámenes que indiquen que son suficientemente verdaderas. Pero todo esto es motivo de otro cuento (Bunge 1983a, 1983b.).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Bachelard, Gaston (1938) *La formation de l'esprit scientifique*. Paris: Vrin.

Bridgman, Percy W. (1927) *The Logic of Modern Physics*. New York: Macmillan.

Bunge, Mario (1973) *Method, Model and Matter*. Dordrecht: Reidel.

Bunge, Mario (1974a) *Sense and Reference*. Dordrecht: Reidel.

Bunge, Mario (1974b) *Interpretation and Truth*. Dordrecht: Reidel.

Bunge, Mario (1978) *Filosofía de la física*. Barcelona: Ariel.

Bunge, Mario (1983a) *Exploring the World*. Dordrecht-Boston: Reidel.

Bunge, Mario (1983b) *Understanding the World*. Dordrecht-Boston: Reidel.

Bunge, Mario (1983 c) *Lingüística y Filosofía*, Barcelona: Ariel.

Bunge, Mario (1983 d) *La investigación científica*, ed. rev. Barcelona: Ariel.

Feyerabend, Paul K. (1962) «Explanation, reduction and empiricism», en H. Feigl y G. Maxwell, compiladores, *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, Vol. 3 pp. 28-97. Minneapolis: University of Minnesota Press.

Feyerabend, Paul K. (1975) *Against Method*. Reimpresión: London: Verso, 1978.

Feyerabend, Paul K. (1981) *Philosophical Papers*, 2 volúmenes. Cambridge: Cambridge University Press.

Fleck, Ludwik (1935) *Genesis and Development of a Scientific Fact*. Trad. de F. Bradley y T. J. Trenn, y prólogo de T. S. Kuhn. Chicago: University of Chicago Press.

Kuhn, Thomas S. (1962) *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press. Versión castellana de A. Contín, *La estructura de las revoluciones científicas* (México: F. C. E., 1971).

Kuhn, Thomas S. (1970) «Logic of discovery or psychology of research?». En I. Lakatos y A. Musgrave, compiladores, *Criticism and the Growth of Knowledge*, pp. 1-23. Cambridge: Cambridge University Press.

Kuhn, Thomas S. (1977) *The Essential Tension*. Chicago: University of Chicago Press.

Lakatos, Imre (1978) *Philosophical Papers*, 2 volúmenes. Cambridge: Cambridge University Press.

Maynard Smith, John (1972) *On Evolution*. Edinburgh: Edinburg University Press.

Peierls, Rudolf (1979) *Surprises in Theoretical Physics*. Princeton: Princeton University Press.

Popper, Karl R. (1970) «Against «normal science»». En I. Lakatos y A. Musgrave, compiladores, *Criticism and the Growth of Knowledge*, pp. 25-37. Cambridge: Cambridge University Press.

Sneed, Joseph (1971) *The Logical Structure of Mathematical Physics*. Dordrecht: Reidel.

Stegmüller, Wolfgang (1976) *The Structure and Dynamics of Theories*. New York: Springer.