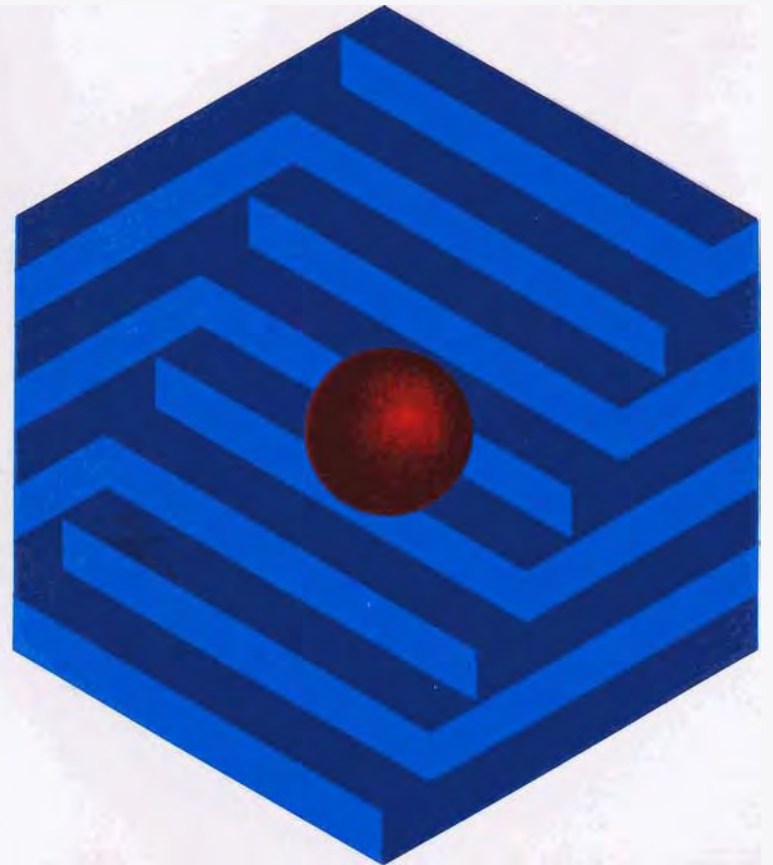


alan f. chalmers ❧

¿QUÉ ES ESA COSA LLAMADA CIENCIA?

una valoración de la naturaleza
y el estatuto de la ciencia
y sus métodos

24a. edición



1. EL INDUCTIVISMO: LA CIENCIA COMO CONOCIMIENTO DERIVADO DE LOS HECHOS DE LA EXPERIENCIA

I. UNA OPINION DE SENTIDO COMUN AMPLIAMENTE COMPARTIDA SOBRE LA CIENCIA

El conocimiento científico es conocimiento probado. Las teorías científicas se derivan, de algún modo riguroso, de los hechos de la experiencia adquiridos mediante la observación y la experimentación. La ciencia se basa en lo que podemos ver, oír, tocar, etc. Las opiniones y preferencias personales y las imaginaciones especulativas no tienen cabida en la ciencia. La ciencia es objetiva. El conocimiento científico es conocimiento fiable porque es conocimiento objetivamente probado.

Sugiero que enunciados de este tipo resumen lo que en la época moderna es una opinión popular sobre lo que es el conocimiento científico. Esta opinión se hizo popular durante y como consecuencia de la revolución científica que tuvo lugar fundamentalmente en el siglo xvii y que fue llevada a cabo por pioneros de la ciencia tan grandes como Galileo y Newton. El filósofo Francis Bacon y muchos de sus contemporáneos resumían la actitud científica de la época cuando insistían en que si queremos entender la naturaleza debemos consultar la naturaleza y no los escritos de Aristóteles. Las fuerzas progresistas del siglo xvii llegaron a considerar errónea la preocupación de los filósofos de la naturaleza medievales por las obras de los antiguos, en especial de Aristóteles, y también por la Biblia, como fuentes del conocimiento científico. Estimulados por los éxitos de «grandes experimentadores» como Galileo, consideraron cada vez más la experiencia como la fuente del conocimiento. Desde entonces ha aumentado continuamente esta

valoración gracias a los logros espectaculares de la ciencia experimental. «La ciencia es una estructura asentada sobre hechos», escribe J. J. Davies en su obra *On the scientific method*¹. Y tenemos una moderna valoración del logro de Galileo debida a H. D. Anthony:

No fue tanto las observaciones y experimentos realizados por Galileo lo que originó la ruptura con la tradición, como su *actitud* hacia ellos. Para él, los hechos extraídos de ellos habían de ser tratados como hechos y no relacionados con una idea preconcebida... Los hechos de la observación podían encajar o no en un esquema admitido del universo, pero lo importante, en opinión de Galileo, era aceptar los hechos y construir una teoría que concordara con ellos².

La concepción *inductivista ingenua* de la ciencia, que esbozaré en las siguientes secciones, puede ser considerada como un intento de formalizar esta imagen popular de la ciencia. La he denominado *inductivista* porque se basa en un razonamiento inductivo, como explicaré brevemente. En los últimos capítulos, argumentaré que esta concepción de la ciencia, como la concepción popular a la que se asemeja, está completamente equivocada e incluso es peligrosamente engañosa. Espero que para entonces resulte evidente que el adjetivo «ingenuo» es el adecuado para describir a muchos inductivistas.

II. EL INDUCTIVISMO INGENUO

Según el inductivista ingenuo, la ciencia comienza con la observación. El observador científico debe tener órganos sensoriales normales, no disminuidos, y debe registrar de un modo fidedigno lo que pueda ver, oír, etc., que venga al caso de la situación que esté observando y debe hacerlo con una mente libre de prejuicios. Se pueden establecer o justi-

¹ J. J. Davies, *On the scientific method*, Londres, Longman, 1968, página 8.

² H. D. Anthony, *Science and its background*, Londres, Macmillan, 1948, p. 145.

ficar directamente como verdaderos los enunciados hechos acerca del estado del mundo o de una parte de él por un observador libre de prejuicios mediante la utilización de sus sentidos. Los enunciados a los que se llega de este modo (los llamaremos enunciados observacionales) forman, pues, la base de la que se derivan las leyes y teorías que constituyen el conocimiento científico. A continuación presentamos algunos ejemplos de enunciados observacionales no muy excitantes:

A las doce de la noche del 1 de enero de 1975, Marte aparecía en tal y tal posición en el cielo.

Ese palo, sumergido parcialmente en el agua, parece que está doblado.

El señor Smith golpeó a su mujer.

El papel de tornasol se vuelve rojo al ser sumergido en el líquido.

La verdad de estos enunciados se ha de establecer mediante una cuidadosa observación. Cualquier observador puede establecer o comprobar su verdad utilizando directamente sus sentidos. Los observadores pueden ver por sí mismos.

Los enunciados del tipo citado anteriormente pertenecen al conjunto de los denominados *enunciados singulares*. Los enunciados singulares, a diferencia de un segundo grupo de enunciados que veremos en breve, se refieren a un determinado acontecimiento o estado de cosas en un determinado lugar y en un momento determinado. El primer enunciado se refiere a una determinada aparición de Marte en un determinado lugar del cielo en un momento especificado, el segundo a una determinada observación de un determinado palo, etc. Es evidente que todos los enunciados observacionales serán enunciados singulares. Proceden de la utilización que hace el observador de sus sentidos en un lugar y un momento determinados.

A continuación veremos algunos ejemplos simples que podrían formar parte del conocimiento científico.

De la astronomía:

Los planetas se mueven en elipses alrededor de su sol.

De la física:

Cuando un rayo de luz pasa de un medio a otro cambia de dirección de tal manera que el seno del ángulo de incidencia dividido por el seno del ángulo de refracción es una característica constante de los dos medios.

De la psicología:

Los animales en general poseen una necesidad inherente de algún tipo de descarga agresiva.

De la química:

Los ácidos vuelven rojo el papel de tornasol.

Estos son enunciados generales que expresan afirmaciones acerca de las propiedades o el comportamiento de algún aspecto del universo. A diferencia de los enunciados singulares, se refieren a *todos* los acontecimientos de un determinado tipo en todos los lugares y en todos los tiempos. Todos los planetas, estén donde estén situados, se mueven siempre en elipses alrededor de su sol. Siempre que se produce una refracción lo hace según la ley de refracción enunciada anteriormente. Todas las leyes y teorías que constituyen el conocimiento científico son afirmaciones generales de esa clase y a tales enunciados se les denomina *enunciados universales*.

Ahora se puede plantear la siguiente cuestión. Si la ciencia se basa en la experiencia, entonces ¿por qué medios se pueden obtener de los enunciados singulares, que resultan de la observación, los enunciados generales que constituyen el conocimiento científico? ¿Cómo se pueden justificar las afirmaciones generales y no restringidas que constituyen nuestras teorías, basándose en la limitada evidencia constituida por un número limitado de enunciados observacionales?

La respuesta inductivista es que, suponiendo que se den ciertas condiciones, es lícito *generalizar*, a partir de una lista finita de enunciados observacionales singulares, una

ley universal. Por ejemplo, podría ser lícito generalizar, a partir de una lista finita de enunciados observacionales referentes al papel de tornasol que se vuelve rojo al ser sumergido en ácido, esta ley universal: «los ácidos vuelven rojo el papel de tornasol», o generalizar, a partir de una lista de observaciones referentes a metales calentados, la ley: «los metales se dilatan al ser calentados». Las condiciones que deben satisfacer esas generalizaciones para que el inductivista las considere lícitas se pueden enumerar así:

1. El número de enunciados observacionales que constituyan la base de una generalización debe ser grande.
2. Las observaciones se deben repetir en una amplia variedad de condiciones.
3. Ningún enunciado observacional aceptado debe entrar en contradicción con la ley universal derivada.

La condición 1 se considera necesaria, porque evidentemente no es lícito concluir que todos los metales se dilatan al ser calentados basándose en una sola observación de la dilatación de una barra de metal, por ejemplo, de la misma manera que no es lícito concluir que todos los australianos son unos borrachos basándose en la observación de un australiano embriagado. Serán necesarias una gran cantidad de observaciones antes de que se pueda justificar cualquier generalización. El inductivista insiste en que no debemos sacar conclusiones precipitadas.

Un modo de aumentar el número de observaciones en los ejemplos mencionados sería calentar repetidas veces una misma barra de metal u observar de modo continuado a un australiano que se emborracha noche tras noche, y quizás día tras día. Evidentemente, una lista de enunciados observacionales obtenidos de ese modo formarían una base muy insatisfactoria para las respectivas generalizaciones. Por eso es necesaria la condición 2. «Todos los metales se dilatan al ser calentados» sólo será una generalización lícita si las observaciones de la dilatación en las que se basa abarcan una amplia variedad de condiciones. Habría que calentar diversos tipos de metales, barras de hierro largas, barras de hierro cortas, barras de plata, barras de cobre, etc., a

alta y baja presión, a altas y bajas temperaturas, etc. Si en todas las ocasiones todas las muestras de metal calentadas se dilatan, entonces y sólo entonces es lícito generalizar a partir de la lista resultante de enunciados observacionales la ley general. Además, resulta evidente que si se observa que una determinada muestra de metal no se dilata al ser calentada, entonces no estará justificada la generalización universal. La condición 3 es esencial.

El tipo de razonamiento analizado, que nos lleva de una lista finita de enunciados singulares a la justificación de un enunciado universal, que nos lleva de la parte al todo, se denomina razonamiento *inductivo* y el proceso se denomina inducción. Podríamos resumir la postura inductivista ingenua diciendo que, según ella, la ciencia se basa en el *principio de inducción*, que podemos expresar así:

Si en una amplia variedad de condiciones se observa una gran cantidad de A y si todos los A observados poseen sin excepción la propiedad B, entonces todos los A tienen la propiedad B.

Así pues, según el inductivista ingenuo el conjunto del conocimiento científico se construye mediante la inducción a partir de la base segura que proporciona la observación. A medida que aumenta el número de hechos establecidos mediante la observación y la experimentación y que se hacen más refinados y esotéricos los hechos debido a las mejoras conseguidas en las técnicas experimentales y observacionales, más son las leyes y teorías, cada vez de mayor generalidad y alcance, que se construyen mediante un cuidadoso razonamiento inductivo. El crecimiento de la ciencia es continuo, siempre hacia adelante y en ascenso, a medida que aumenta el fondo de datos observacionales.

Hasta ahora, el análisis sólo constituye una explicación parcial de la ciencia, ya que, con seguridad, una característica importante de la ciencia es su capacidad para *explicar* y *predecir*. El conocimiento científico es lo que permite al astrónomo predecir cuándo se producirá el próximo eclipse solar o al físico explicar por qué el punto de ebullición del agua es inferior al normal en altitudes elevadas. La figura 1 representa, de forma esquemática, un resumen de toda la

El inductivismo

historia inductivista de la ciencia. El lado izquierdo de la figura se refiere a la derivación de leyes y teorías científicas a partir de la observación que ya hemos analizado. Queda por analizar el lado derecho. Antes de hacerlo, hablaremos un poco del carácter de la lógica y del razonamiento deductivo.

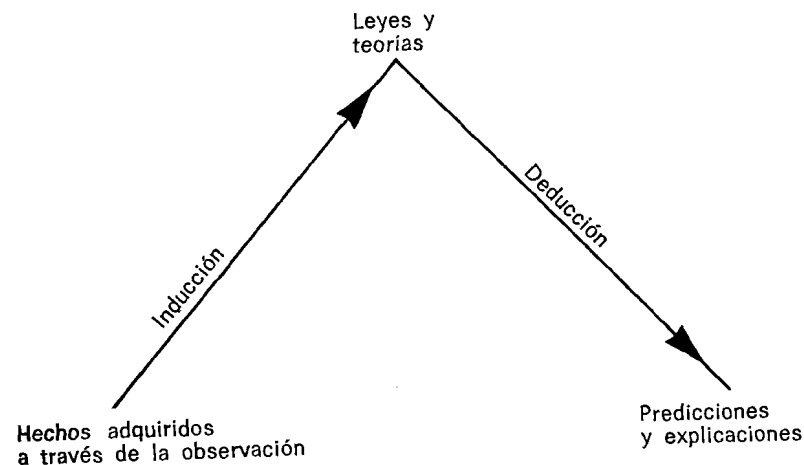


Figura 1

III. LÓGICA Y RAZONAMIENTO DEDUCTIVO

Una vez que un científico tiene a su disposición leyes y teorías universales puede extraer de ellas diversas consecuencias que le sirven como explicaciones y predicciones. Por ejemplo, dado el hecho de que los metales se dilatan al ser calentados es posible derivar el hecho de que los raíles de ferrocarril continuos, sin que existan entre ellos pequeños huecos, se distorsionarán con el calor del sol. Al tipo de razonamiento empleado en las derivaciones de esta clase se le denomina *razonamiento deductivo*. La deducción es distinta de la inducción de la que ya se habló en la sección anterior.

El estudio del razonamiento deductivo constituye la dis-

ciplina de la lógica³. No se intentará proporcionar una explicación y valoración detalladas de la lógica en este libro. En lugar de esto, se ilustrarán algunas de las características importantes para nuestro análisis de la ciencia mediante ejemplos triviales.

He aquí un ejemplo de deducción lógica.

Ejemplo 1:

1. Todos los libros de filosofía son aburridos.
2. Este libro es un libro de filosofía.

3. Este libro es aburrido.

En este argumento, (1) y (2) son las premisas y (3) es la conclusión. Es evidente, creo, que si (1) y (2) son verdaderas, (3) ha de ser verdadera. No es posible que (3) sea falsa si (1) y (2) son verdaderas, ya que si (1) y (2) fueran verdaderas y (3) falsa ello supondría una contradicción. Esta es la característica clave de una deducción *lógicamente válida*. Si las premisas de una deducción lógicamente válida son verdaderas, entonces la conclusión debe ser verdadera.

Una ligera modificación del ejemplo anterior nos proporcionará un caso de deducción no válida.

Ejemplo 2:

1. Muchos libros de filosofía son aburridos.
2. Este libro es un libro de filosofía.

3. Este libro es aburrido.

En este ejemplo, (3) no se sigue necesariamente de (1) y (2). Es posible que (1) y (2) sean verdaderas y que, no obstante, (3) sea falsa. Aunque (1) y (2) sean verdaderas, puede suceder

³ A veces se considera que la lógica incluye el estudio del razonamiento inductivo, de manera que hay una lógica inductiva así como una lógica deductiva. En este libro se entenderá que la lógica es solamente el estudio del razonamiento deductivo.

que este libro sea, sin embargo, uno de los pocos libros de filosofía que no son aburridos. Afirmar que (1) y (2) son verdaderas y que (3) es falsa no supone una contradicción. El argumento no es válido.

El lector se puede sentir ya aburrido. Las experiencias de ese tipo tienen que ver, ciertamente, con la verdad de los enunciados (1) y (3) en los ejemplos 1 y 2. Pero una cuestión que hay que señalar aquí es que la lógica y la deducción por sí solas no pueden establecer la verdad de unos enunciados fácticos del tipo que figura en nuestros ejemplos. Lo único que la lógica puede ofrecer a este respecto es que, si las premisas son verdaderas, entonces la conclusión debe ser verdadera. Pero el hecho de que las premisas sean verdaderas o no no es una cuestión que se pueda resolver apelando a la lógica. Una argumentación puede ser una deducción perfectamente lógica aunque conlleve una premisa que sea de hecho falsa. He aquí un ejemplo.

Ejemplo 3:

1. Todos los gatos tienen cinco patas.
2. Bugs Pussy es mi gato.

3. Bugs Pussy tiene cinco patas.

Esta deducción es perfectamente válida. El caso es que si (1) y (2) son verdaderas, entonces (3) debe ser verdadera. Sucede que en este ejemplo (1) y (3) son falsas, pero esto no afecta a la condición de la argumentación como deducción válida. Así pues, la lógica deductiva por sí sola no actúa como fuente de enunciados verdaderos acerca del mundo. La deducción se ocupa de la derivación de enunciados a partir de otros enunciados dados.

IV. LA PREDICCIÓN Y LA EXPLICACIÓN EN EL INDUCTIVISMO

Ahora estamos en condiciones de comprender de una manera simple el funcionamiento de las leyes y teorías como apa-

ratos explicatorios y predictivos en la ciencia. Una vez más comenzaré con un ejemplo trivial para ilustrar la cuestión. Consideremos el siguiente argumento:

1. El agua completamente pura se congela a unos 0°C (si se le da tiempo suficiente).
 2. El radiador de mi coche contiene agua completamente pura.
-
3. Si la temperatura baja a 0°C , el agua del radiador de mi coche se congelará (si se le da tiempo suficiente).

Aquí tenemos un ejemplo de argumentación lógica válida para deducir la predicción (3) del conocimiento científico contenido en la premisa (1). Si (1) y (2) son verdaderas, (3) debe ser verdadera. Sin embargo, la verdad de (1), (2) y (3) no se establece gracias a ésta o a otra deducción. Para un inductivista, la fuente de la verdad no es la lógica, sino la experiencia. Desde este punto de vista, (1) se determinará por observación directa del agua congelada. Una vez que se han establecido (1) y (2) mediante la observación y la inducción, se puede *deducir* de ellas la predicción (3).

Ejemplos menos triviales serán más complicados, pero los papeles que desempeñan la observación, la inducción y la deducción siguen siendo en esencia los mismos. Como ejemplo final consideraremos la explicación inductivista de cómo puede la ciencia física explicar el arco iris.

La premisa simple (1) del ejemplo anterior es reemplazada en este caso por una serie de leyes que rigen el comportamiento de la luz, a saber, las leyes de la reflexión y de la refracción de la luz y afirmaciones acerca de la medida en que el grado de refracción depende del color. Estos principios generales se derivan de la experiencia por inducción. Se efectúan una gran cantidad de experimentos de laboratorio, reflejando rayos de luz de espejos y superficies de agua, midiendo los ángulos de incidencia y refracción de los rayos de luz que pasan del aire al agua, del agua al aire, etc., en una gran variedad de condiciones, repitiendo los experimentos con luz de varios colores, etc., hasta que se dan las condiciones necesarias para considerar lícita la generalización inductiva de las leyes de la óptica.

El inductivismo

También se reemplazará la premisa (2) del ejemplo anterior por una serie más compleja de enunciados. Dichos enunciados incluirán afirmaciones en el sentido de que el sol está situado en una posición determinada en el cielo con respecto a un observador en la tierra, y que caen gotas de lluvia procedentes de una nube situada en una región determinada con relación al observador. Nos referiremos a estos conjuntos de enunciados, que describen los detalles de la situación que se está investigando, como las *condiciones iniciales*. Las descripciones de las situaciones experimentales serán ejemplos típicos de condiciones iniciales.

Dadas las leyes de la óptica y las condiciones iniciales, es posible entonces efectuar deducciones que proporcionen una explicación de la formación de un arco iris visible para el observador. Estas deducciones ya no serán tan evidentes como en nuestros ejemplos anteriores y supondrán tanto argumentaciones matemáticas como verbales. La argumentación será más o menos la siguiente. Si suponemos que una gota de lluvia es más o menos esférica, entonces el trayecto de un rayo de luz a través de una gota de agua será más o menos el dibujado en la figura 2. Si un rayo de luz blanca incide en una gota de lluvia en a , entonces, si la ley de la refracción es verdadera, el rayo rojo viajará a lo largo de la línea ab y el rayo azul a lo largo de ab' . Una vez más, si las leyes que rigen la reflexión son verdaderas, entonces ab debe reflejarse a lo largo de bc y ab' a lo largo de $b'c'$. De nuevo la refracción en c y c' se determinará mediante la ley de la refracción, de modo que un observador que contemple la gota de lluvia verá los componentes rojo y azul de la luz blanca por separado (y también todos los demás colores del espectro). Nuestro observador también podrá ver la misma separación de colores en cualquier gota de lluvia que esté situada en una parte del cielo tal que la línea que une la gota de lluvia con el sol forme un ángulo D con la línea que une la gota de lluvia con el observador. Así pues, las consideraciones geométricas proporcionan la conclusión de que el observador podrá ver un arco coloreado, siempre que la nube de lluvia esté suficientemente extendida.

La fiabilidad de la ciencia se sigue de las afirmaciones del inductivista acerca de la observación y la inducción. Los enunciados observacionales que forman la base de la ciencia son seguros y fiables porque su verdad se puede determinar haciendo uso directo de los sentidos. Además, la fiabilidad de los enunciados observacionales se transmitirá a las leyes y teorías derivadas de ellos, siempre que se satisfagan las condiciones para una lícita inducción, lo cual queda garantizado por el principio de inducción que forma la base de la ciencia según el inductivista ingenuo.

Ya he mencionado que considero que la concepción inductivista ingenua de la ciencia está muy equivocada y es peligrosamente engañosa. En los dos próximos capítulos comenzaré a decir por qué. Sin embargo, quizás deba aclarar que la postura que he esbozado es una forma muy extrema de inductivismo. Muchísimos inductivistas sofisticados no querrían verse asociados con algunas características de mi inductivismo ingenuo. No obstante, todos los inductivistas afirmarían que, en la medida en que se pueden justificar las teorías científicas, se justifican porque se apoyan inductivamente en la base más o menos segura que proporciona la experiencia. Los capítulos siguientes de este libro nos proporcionarán una gran abundancia de razones para poner en duda esta afirmación.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

El inductivismo ingenuo que he descrito es demasiado ingenuo para que los filósofos lo traten de una manera comprensiva. Un intento clásico y complejo de sistematizar el razonamiento inductivo es *A system of logic*, de John Stewart Mill (Londres, Longman, 1961). Un resumen sencillo y excelente de las opiniones más modernas se encuentra en *The foundations of scientific inference*, de Wesley C. Salmon (Pittsburgh, Pittsburgh University Press, 1975). La medida en que los filósofos inductivistas se ocupan de la base empírica del conocimiento y de su origen en la percepción sensorial resulta muy evidente en *The foundations of empirical knowledge*, de A. J. Ayer (Londres, Macmillan, 1955). Una buena descripción y sencilla discusión de las posturas tradicionales sobre la percepción sensorial se encuentra

en la obra de C. W. K. Mundle, *Perception: facts and theories* (Oxford, Oxford University Press, 1971). Como muestra de esa rama del inductivismo denominada positivismo lógico sugiero dos recopilaciones de artículos, *Logical positivism*, compilado por A. J. Ayer (Glencoe, Free Press, 1959) y *The philosophy of Rudolf Carnap*, compilado por P. A. Schilpp (La Salle, Illinois, Open Court, 1963). Hasta qué punto el programa inductivista se ha hecho sumamente técnico resulta evidente en *Logical foundations of probability*, de R. Carnap (Chicago, University of Chicago Press, 1962).

2. EL PROBLEMA DE LA INDUCCION

I. ¿SE PUEDE JUSTIFICAR EL PRINCIPIO DE INDUCCION?

Según el inductivista ingenuo, la ciencia comienza con la observación; la observación proporciona una base segura sobre la que se puede construir el conocimiento científico, y el conocimiento científico se deriva, mediante la inducción, de los enunciados observacionales. En este capítulo, se criticará la concepción inductivista de la ciencia, poniendo en duda el tercero de estos supuestos. Se pondrá en duda la validez y justificabilidad del principio de inducción. Más adelante, en el capítulo 3, se recusarán y refutarán los dos primeros supuestos.

Mi versión del principio de inducción dice así: «Si en una gran variedad de condiciones se observa una gran cantidad de A y todos los A observados, sin excepción, poseen la propiedad B, entonces todos los A poseen la propiedad B». Este principio, o algo muy parecido, es el principio básico en el que se basa la ciencia, si se acepta la postura inductivista ingenua. A la vista de esto, una cuestión obvia con la que se enfrenta el inductivista es: «¿Cómo se puede justificar el principio de inducción?». Esto es, si la observación nos proporciona un conjunto seguro de enunciados observacionales como punto de partida (supuesto que tenemos que dar por sentado para el desarrollo de la argumentación de este capítulo), ¿por qué el razonamiento *inductivo* conduce al conocimiento científico fiable e incluso verdadero? Al inductivista se le abren dos vías de acercamiento al problema para intentar responder a esta cuestión. Podría tratar de justificar el principio apelando a la lógica, recurso que admitimos francamente, o podría intentar justificar el principio apelando a la experiencia, recurso que yace en la base

de toda su concepción científica. Examinemos sucesivamente estas dos posibilidades.

Las argumentaciones lógicas válidas se caracterizan por el hecho de que, si la premisa de la argumentación es verdadera, entonces la conclusión debe ser verdadera. Las argumentaciones deductivas poseen ese carácter. El principio de inducción estaría de seguro justificado si las argumentaciones inductivas también lo poseyeran, pero no es así. Las argumentaciones inductivas no son argumentaciones lógicamente válidas. No se da el caso de que, si las premisas de una inferencia inductiva son verdaderas, entonces la conclusión deba ser verdadera. Es posible que la conclusión de una argumentación inductiva sea falsa y que sus premisas sean verdaderas sin que ello suponga una contradicción. Supongamos, por ejemplo, que hasta la fecha haya observado una gran cantidad de cuervos en una amplia variedad de circunstancias y que haya observado que todos ellos han sido negros y, basándome en eso, concluyo: «Todos los cuervos son negros». Esta es una inferencia inductiva perfectamente lícita. Las premisas de esta inferencia son un gran número de enunciados del tipo: «Se observó que el cuervo x era negro en el momento t » y consideramos que todos eran verdaderos. Pero no hay ninguna garantía lógica de que el siguiente cuervo que observe no sea rosa. Si éste fuera el caso, entonces «Todos los cuervos son negros» sería falso. Esto es, la inferencia inductiva inicial, que era lícita en la medida en que satisfacía los criterios especificados por el principio de inducción, habría llevado a una conclusión falsa, a pesar de que todas las premisas de la inferencia fueran verdaderas. No supone ninguna contradicción lógica afirmar que todos los cuervos observados han resultado ser negros y también que no todos los cuervos son negros. La inducción no se puede justificar sobre bases estrictamente lógicas.

Un ejemplo de la cuestión, más interesante aunque bastante truculento, lo constituye la explicación de la historia del pavo inductivista por Bertrand Russell. Este pavo descubrió que, en su primera mañana en la granja avícola, comía a las 9 de la mañana. Sin embargo, siendo como era un buen inductivista, no sacó conclusiones precipitadas. Esperó hasta que recogió una gran cantidad de observacio-

nes del hecho de que comía a las 9 de la mañana e hizo estas observaciones en una gran variedad de circunstancias, en miércoles y en jueves, en días fríos y calurosos, en días lluviosos y en días soleados. Cada día añadía un nuevo enunciado observacional a su lista. Por último, su conciencia inductivista se sintió satisfecha y efectuó una inferencia inductiva para concluir: «Siempre como a las 9 de la mañana». Pero, ¡ay! se demostró de manera indudable que esta conclusión era falsa cuando, la víspera de Navidad, en vez de darle la comida, le cortaron el cuello. Una inferencia inductiva con premisas verdaderas ha llevado a una conclusión falsa.

El principio de inducción no se puede justificar simplemente apelando a la lógica. Dado este resultado, parecería que el inductivista, según su propio punto de vista, está ahora obligado a indicar cómo se puede derivar de la experiencia el principio de inducción. ¿Cómo sería una derivación semejante? Probablemente, sería algo así. Se ha observado que la inducción funciona en un gran número de ocasiones. Por ejemplo, las leyes de la óptica, derivadas por inducción de los resultados de los experimentos de laboratorio, se han utilizado en numerosas ocasiones para diseñar instrumentos ópticos y estos instrumentos han funcionado de modo satisfactorio. Asimismo, las leyes del movimiento planetario, derivadas de observaciones de las posiciones de los planetas, etc., se han empleado con éxito para predecir eclipses. Se podría ampliar esta lista con informes de explicaciones y predicciones posibilitadas por leyes y teorías científicas derivadas inductivamente. De este modo, se justifica el principio de inducción.

La anterior justificación de la inducción es completamente inaceptable, como ya demostrara David Hume a mediados del siglo XVIII. La argumentación que pretende justificar la inducción es circular ya que emplea el mismo tipo de argumentación inductiva cuya validez se supone que necesita justificación. La forma de la argumentación justificatoria es la siguiente:

El principio de inducción funcionó con éxito en la ocasión x_1 .
El principio de inducción funcionó con éxito en la ocasión x_2 ,
etcétera.

El principio de inducción funciona siempre.

Aquí se infiere un enunciado universal que afirma la validez del principio de inducción a partir de cierta cantidad de enunciados singulares que registran aplicaciones con éxito del principio en el pasado. Por lo tanto, la argumentación es inductiva y, no se puede, pues, utilizar para justificar el principio de inducción. No podemos utilizar la inducción para justificar la inducción. Esta dificultad, que va unida a la justificación de la inducción, ha sido denominada tradicionalmente «el problema de la inducción».

Parece, pues, que el inductivista ingenuo impenitente tiene problemas. La exigencia extrema de que todo conocimiento se derive de la experiencia mediante reglas de inducción excluye el principio de inducción, básico para la postura inductivista.

Además de la circularidad que conllevan los intentos de justificar el principio de inducción, el principio, tal y como lo he establecido, adolece de otras desventajas. Estas desventajas proceden de la vaguedad y equivocidad de la exigencia de que se realice un «gran número» de observaciones en una «amplia variedad» de circunstancias.

¿Cuántas observaciones constituyen un gran número? ¿Cuántas veces hay que calentar una barra de metal, diez veces, cien veces, antes de que podamos concluir que siempre se dilata al ser calentada? Sea cual fuere la respuesta a esta cuestión, se pueden presentar ejemplos que hagan dudar de la invariable necesidad de un gran número de observaciones. Para ilustrar esta cuestión, me referiré a la fuerte reacción pública en contra de la guerra nuclear que siguió al lanzamiento de la primera bomba atómica en Hiroshima al final de la segunda guerra mundial. Esta reacción se basaba en la constatación de que las bombas atómicas originan destrucción y muerte por doquier y un enorme sufrimiento humano. Y, no obstante, esta creencia generalizada se basaba en una sola y dramática observación. Del mismo modo, un

inductivista muy terco tendría que poner su mano en el fuego muchas veces antes de concluir que el fuego quema. En circunstancias como éstas, la exigencia de un gran número de observaciones parece inapropiada. En otras situaciones, la exigencia parece más plausible. Por ejemplo, estaríamos justificadamente, poco dispuestos a atribuir poderes sobrenaturales a un adivino basándonos en una sola predicción correcta. Y tampoco sería justificable concluir una conexión causal entre fumar y el cáncer de pulmón basándonos en la evidencia de un solo fumador empedernido que contraiga la enfermedad. Creo que está claro en estos ejemplos que si el principio de inducción ha de ser una guía de lo que se considere una lícita inferencia científica, entonces hay que matizar con cierto cuidado la cláusula del «gran número».

Además, la postura inductivista ingenua se ve amenazada cuando se examina en detalle la exigencia de que se efectúen las observaciones en una amplia variedad de circunstancias. ¿Qué se ha de considerar como variación significativa en las circunstancias? Por ejemplo, cuando se investiga el punto de ebullición del agua ¿es necesario variar la presión, la pureza del agua, el método de calentamiento y el momento del día? La respuesta a las dos primeras sugerencias es «sí» y a las dos segundas «no». Pero, ¿en qué nos basamos para dar estas respuestas? Esta cuestión es importante porque la lista de variaciones se puede extender indefinidamente añadiendo una variedad de variaciones adicionales tales como el color del recipiente, la identidad del experimentador, la situación geográfica, etc. A menos que se puedan eliminar esas variaciones «superfluas», el número de variaciones necesarias para hacer una lícita inferencia inductiva será infinitamente grande. ¿Sobre qué base, pues, se considera superflua una gran cantidad de variaciones? Creo que la respuesta está bastante clara. Las variaciones que son significativas se distinguen de las que son superfluas apelando a nuestro conocimiento teórico de la situación y de los tipos de mecanismos físicos operativos. Pero admitir esto es admitir que la teoría desempeña un papel vital antes de la observación. El inductivista ingenuo no puede admitir eso. Sin embargo, insistir en este punto conduciría a las críticas del inductivismo que he reservado para el siguiente capítulo. Simple-

mente observaré ahora que la cláusula de la «amplia variedad de circunstancias» en el principio de inducción plantea al inductivista serios problemas.

II. LA RETIRADA A LA PROBABILIDAD

Hay una manera muy evidente de moderar la postura extrema del inductivismo ingenuo criticada en la sección anterior en un intento de contrarrestar algunas críticas. Una argumentación que defendiera una postura más moderada podría ser la siguiente.

No podemos estar ciento por ciento seguros de que sólo porque hayamos observado en muchas ocasiones que el sol sale cada día, el sol saldrá todos los días. (De hecho en el Artico y en el Antártico hay días en que el sol no sale.) No podemos estar ciento por ciento seguros de que la siguiente piedra que arrojemos no «caerá» hacia arriba. Sin embargo, aunque no se puede garantizar que las generalizaciones a las que se ha llegado mediante inducciones lícitas sean perfectamente verdaderas, son *probablemente* verdaderas. A la luz de las pruebas, es muy probable que el sol siempre salga en Sidney y que las piedras caigan hacia abajo al ser arrojadas. El conocimiento científico no es conocimiento probado, pero representa un conocimiento que es probablemente verdadero. Cuanto mayor sea el número de observaciones que formen la base de una inducción y cuanto mayor sea la variedad de condiciones en las cuales se hayan realizado estas observaciones, mayor será la probabilidad de que las generalizaciones resultantes sean verdaderas.

Si se adopta esta versión modificada de la inducción, entonces se reemplazará el principio de inducción por una versión probabilista que dirá más o menos lo siguiente: «Si en una amplia variedad de condiciones se ha observado un gran número de A y si todos estos A observados poseen sin excepción la propiedad B, entonces probablemente todos los A poseen la propiedad B». Esta reformulación no supera el problema de la inducción. El principio reformulado sigue siendo un enunciado universal. Basándose en un número finito de éxitos, implica que todas las aplicaciones del prin-

cipio conducirán a conclusiones generales que son probablemente verdaderas. Los intentos de justificar la versión probabilista del principio de inducción apelando a la experiencia han de adolecer de la misma deficiencia que los intentos de justificar el principio en su forma original. La justificación utilizará una argumentación del tipo que se considera necesitado de justificación.

Aunque el principio de inducción en su versión probabilista se pueda justificar, existen problemas adicionales con los que se enfrenta nuestro más precavido inductivista. Los problemas adicionales están relacionados con las dificultades que se encuentran cuando se trata de precisar exactamente la probabilidad de una ley o teoría a la luz de unas pruebas especificadas. Puede parecer intuitivamente plausible que, a medida que aumenta el apoyo observacional que recibe una ley universal, aumente también la probabilidad de que sea verdadera. Pero esta intuición no resiste un examen. Según la teoría oficial de la probabilidad, es muy difícil dar una explicación de la inducción que evite la consecuencia de que la probabilidad de cualquier enunciado universal que afirme algo sobre el mundo sea cero, sea cual fuere la evidencia observacional. Para decirlo de una manera no técnica, cualquier evidencia observacional constará de un número finito de enunciados observacionales, mientras que un enunciado universal hace afirmaciones acerca de un número infinito de posibles situaciones. La probabilidad de que sea cierta la generalización universal es, por tanto, un número finito dividido por un número infinito, lo cual sigue siendo cero por mucho que aumente el número finito de enunciados observacionales que constituyan la evidencia.

Este problema, junto con los intentos de atribuir probabilidades a las teorías y leyes científicas a la luz de la evidencia dada, ha dado origen a un detallado programa técnico de investigación que en las últimas décadas han seguido y desarrollado tenazmente los inductivistas. Se han construido lenguajes artificiales en los que es posible atribuir probabilidades únicas, no iguales a cero, a ciertas generalizaciones pero estos lenguajes son tan limitados que no contienen generalizaciones universales. Están lejos del lenguaje de la ciencia.

Otro intento de salvar el programa inductivista supone renunciar a la idea de atribuir probabilidades a las teorías y leyes científicas. En lugar de esto, se llama la atención sobre la probabilidad de que sean correctas las predicciones individuales. Según este enfoque, el objeto de la ciencia es, por ejemplo, estimar la probabilidad de que el sol salga mañana en vez de la probabilidad de que salga siempre. Se espera que la ciencia sea capaz de proporcionar la garantía de que un puente de cierto diseño resista diversas tensiones y no se hunda, pero no de que todos los puentes de ese diseño sean satisfactorios. Se han desarrollado algunos sistemas en ese sentido que permiten que se atribuya probabilidades no iguales a cero a predicciones individuales. Se mencionarán a continuación dos de las críticas que se les hacen. En primer lugar, la idea de que la ciencia se ocupa de la producción de un conjunto de predicciones individuales y no de la producción de *conocimiento* en forma de complejo de enunciados generales es, por lo menos, anti-intuitiva. En segundo lugar, aunque se limite la atención a las predicciones individuales, se puede argumentar que las teorías científicas, y por tanto los enunciados universales, están inevitablemente implícitas en la estimación de la probabilidad de que tenga éxito una predicción. Por ejemplo, en un sentido intuitivo, no técnico, de «probable» podemos estar dispuestos a afirmar que es hasta cierto punto probable que un fumador empedernido muera de cáncer de pulmón. La evidencia que apoya la afirmación estará presumiblemente constituida por los datos estadísticos disponibles. Pero esta probabilidad intuitiva aumentará de modo significativo si se dispone de una teoría plausible y bien fundada que implique alguna conexión causal entre fumar y el cáncer de pulmón. De modo similar, aumentarán las estimaciones de la probabilidad de que el sol salga mañana una vez que se tenga en cuenta el conocimiento de las leyes que rigen el comportamiento del sistema solar. Pero el hecho de que la probabilidad de la corrección de las predicciones dependa de las teorías y leyes universales socava el intento inductivista de atribuir probabilidades no iguales a cero a las predicciones individuales. Una vez que se encuentran implícitos de un modo significativo enunciados universales,

las probabilidades de la corrección de las predicciones individuales amenazan de nuevo con ser iguales a cero.

III. POSIBLES RESPUESTAS AL PROBLEMA DE LA INDUCCION

Enfrentados al problema de la inducción y a las cuestiones conexas, los inductivistas han tropezado con dificultad tras dificultad al intentar construir la ciencia como un conjunto de enunciados que se pueden establecer como verdaderos o como probablemente verdaderos a partir de una evidencia dada. Cada maniobra efectuada para cubrir la retaguardia les ha llevado más lejos de nociones intuitivas acerca de esa excitante empresa denominada ciencia. Su programa técnico ha conducido a adelantos interesantes dentro de la teoría de la probabilidad, pero no ha proporcionado nuevas ideas acerca de la naturaleza de la ciencia. Su programa ha degenerado.

Hay un cierto número de posibles respuestas al problema de la inducción. Una de ellas es la del escéptico. Podemos aceptar que la ciencia se basa en la inducción y la demostración que hizo Hume de que no se puede justificar la inducción apelando a la lógica o a la experiencia, y concluir que la ciencia no se puede justificar de un modo racional. El propio Hume adoptó una postura de este tipo. Mantuvo que nuestras creencias en las leyes y teorías no son más que hábitos psicológicos que adquirimos como resultado de las repeticiones de las observaciones relevantes.

Una segunda respuesta consiste en atenuar la exigencia inductivista de que todo el conocimiento no lógico se tenga que derivar de la experiencia y argumentar en favor del principio de inducción basándose en alguna otra razón. Sin embargo, considerar que el principio de inducción, o algo parecido, es «evidente» no es aceptable. Lo que consideramos evidente depende y tiene demasiado que ver con nuestra educación, nuestros prejuicios y nuestra cultura para ser una base fiable de lo que es razonable. En diversas etapas de la historia, para muchas culturas era evidente que la tierra era plana. Antes de la revolución científica de Galileo y Newton, era evidente que para que un objeto se moviese,

era necesaria una fuerza o causa de algún tipo que lo moviera. Esto puede ser evidente para algunos lectores de este libro que carezcan de una formación física, y no obstante es falso. Si se ha de defender que es razonable el principio de inducción, entonces se ha de ofrecer una argumentación más sofisticada que la apelación a su evidencia.

Una tercera respuesta al problema de la inducción supone la negación de que la ciencia se base en la inducción. Se evitará el problema de la inducción si se puede establecer que la ciencia no conlleva la inducción. Esto es lo que intentan hacer los falsacionistas, y principalmente K. R. Popper. Analizaremos estos intentos en los capítulos 4, 5 y 6.

En este capítulo me he conducido de un modo demasiado parecido al de un filósofo. En el próximo capítulo pasaré a efectuar una crítica del inductivismo más interesante, más eficaz y más fructífera.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

La fuente histórica del problema de la inducción en Hume se encuentra en la tercera parte del *Treatise on human nature* de D. Hume (Londres, Dent, 1939). Otro análisis clásico del problema se halla en el capítulo 6 de *Problems of philosophy* de Bertrand Russell (Oxford, Oxford University Press, 1912). Un análisis y una investigación muy completos y técnicos de las consecuencias de la argumentación de Hume, realizado por un simpatizante del inductivismo, es *Probability and Hume's inductive scepticism* de D. C. Stove (Oxford, Oxford University Press, 1973). La pretensión de Popper de haber resuelto el problema de la inducción se encuentra resumida en «Conjectural knowledge: my solution to the problem of induction», capítulo 1 de *Objective knowledge* de K. R. Popper (Oxford, Oxford University Press, 1972). «Popper on demarcation and induction» de I. Lakatos, aparecido en *The philosophy of Karl R. Popper*, compilado por P. A. Schilpp (La Salle, Illinois, Open Court, 1974), pp. 241-73, es una crítica de la postura de Popper desde el punto de vista de un simpatizante del falsacionismo. Lakatos ha escrito una provocativa historia de la evolución del programa inductivista en «Changes in the problem of inductive logic», en *The problem*

of inductive logic, compilado por I. Lakatos (Amsterdam, North Holland Pub. Co., 1968), pp. 315-417. Hay críticas del inductivismo desde un punto de vista algo diferente al adoptado en este libro en la obra clásica de P. Duhem, *The aim and structure of physical theory* (Nueva York, Atheneum, 1962).

3. LA OBSERVACION DEPENDE DE LA TEORIA

Hemos visto que, según nuestro inductivista ingenuo, la observación cuidadosa y sin prejuicios proporciona una base segura a partir de la cual se puede derivar un conocimiento científico probablemente verdadero, si no verdadero. En el último capítulo se criticó esta postura señalando las dificultades implícitas en cualquier intento de justificar el razonamiento inductivo empleado en la derivación de teorías y leyes científicas a partir de la observación. Algunos ejemplos sugerían que había una base positiva para sospechar de la supuesta fiabilidad del razonamiento inductivo. No obstante, estos argumentos no constituyen una definitiva refutación del inductivismo, en especial cuando resulta que muchas teorías rivales de la ciencia se enfrentan con una dificultad similar y conexa¹. En este capítulo se desarrolla una objeción más seria a la postura inductivista, objeción que no supone una crítica a las inducciones de las que se supone que se deriva el conocimiento científico a partir de la observación, sino a los supuestos inductivistas sobre el estatus y el papel desempeñado por la propia observación.

Hay dos supuestos importantes que conlleva el inductivismo ingenuo con respecto a la observación. Uno es que *la ciencia comienza con la observación*. El otro es que *la observación proporciona una base segura* a partir de la cual se puede derivar el conocimiento. En este capítulo criticaremos ambos supuestos de diversas maneras y los rechazaremos por varias razones. Pero, ante todo, esbozaré una concepción de la observación de la que creo que resulta adecuado decir que en la época actual es comúnmente aceptada y que presta plausibilidad a la postura inductivista ingenua.

¹ Véase el capítulo 12, sección iv.

I. UNA CONCEPCION POPULAR DE LA OBSERVACION

En parte porque el sentido de la vista es el sentido que se usa de un modo más extenso en la práctica de la ciencia y en parte por conveniencia, restringiré mi análisis de la observación al dominio de la visión. En la mayoría de los casos no resultará difícil ver cómo se podría reformular el argumento presentado de manera que fuera aplicable a la observación mediante los otros sentidos. Una simple concepción popular de la vista podría ser la siguiente. Los seres humanos ven utilizando sus ojos. Los componentes más importantes del ojo humano son una lente y la retina, la cual actúa como pantalla en la que se forman las imágenes de los objetos externos al ojo. Los rayos de luz procedentes de un objeto visto van del objeto a la lente a través del medio que hay entre ellos. Estos rayos son refractados por el material de la lente de tal manera que llegan a un punto de la retina, formando de este modo una imagen del objeto visto. Hasta aquí, el funcionamiento del ojo es muy parecido al de una cámara. Hay una gran diferencia, que es el modo en que se registra la imagen final. Los nervios ópticos pasan de la retina al córtex central del cerebro. Estos llevan información sobre la luz que llega a las diversas zonas de la retina. El registro de esta información por parte del cerebro humano es lo que corresponde a la visión del objeto por el observador humano. Por supuesto, se podrían añadir muchos detalles a esta sencilla descripción, pero la explicación que se acaba de ofrecer capta la idea general.

El anterior boceto de la observación mediante el sentido de la vista sugiere dos cuestiones, cuestiones que son clave para el inductivista. La primera es que un observador humano tiene acceso más o menos directo a algunas propiedades del mundo exterior en la medida en que el cerebro registra esas propiedades en el acto de ver. La segunda es que dos observadores que vean el mismo objeto o escena desde el mismo lugar «verán» lo mismo. Una combinación idéntica de rayos de luz alcanzará el ojo de cada observador, será enfocada en sus retinas normales por sus lentes oculares normales y dará lugar a imágenes similares. Así pues,

una información similar viajará al cerebro de cada observador a través de sus nervios ópticos normales, dando como resultado que los dos observadores «vean» lo mismo. En la próxima sección se atacarán muy directamente estas dos cuestiones. Las últimas secciones arrojarán nuevas dudas, más importantes, sobre la adecuación de la postura inductivista sobre la observación.

II. EXPERIENCIAS VISUALES QUE NO ESTAN DETERMINADAS POR LAS IMAGENES FORMADAS EN LA RETINA

Hay una gran cantidad de datos que indican que no se trata de que la experiencia sufrida por los observadores cuando ven un objeto esté determinada únicamente por la información, en forma de rayos de luz, que entra en los ojos del observador, ni de que esté determinada solamente por las imágenes formadas en las retinas de un observador. Dos observadores normales que vean el mismo objeto desde el mismo lugar en las mismas circunstancias físicas no tienen necesariamente idénticas experiencias visuales, aunque las imágenes que se produzcan en sus respectivas retinas sean prácticamente idénticas. Hay un sentido importante en el que no es necesario que los dos observadores «vean» lo mismo. Como dice N. R. Hanson, «hay mucho más en lo que se ve que lo que descubre el globo ocular». Algunos ejemplos sencillos ilustrarán la cuestión.

La mayoría de nosotros, cuando miramos por primera vez la figura 3, vemos el dibujo de una escalera en el que resulta visible la superficie superior de los escalones. Pero no es este el único modo de poderlo ver. También se puede ver sin dificultad como una escalera en la que resulta visible la superficie inferior de los escalones. Además, si se mira el dibujo durante algún tiempo, por lo general se encuentra, involuntariamente, que cambia la visión frecuentemente de una escalera vista desde arriba a una escalera vista desde abajo y viceversa. Y, no obstante, parece razonable suponer que, puesto que el objeto que contempla el observador sigue siendo el mismo, las imágenes de la retina no varían. El hecho de que el dibujo se vea como una escalera vista desde

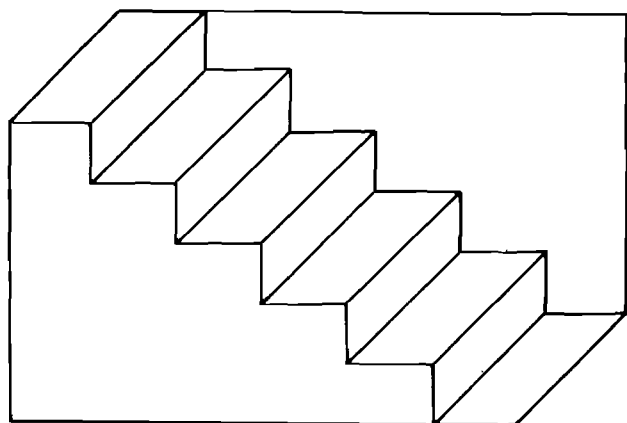


Figura 3

arriba o como una escalera vista desde abajo parece depender de algo más que de la imagen que hay en la retina del observador. Sospecho que ningún lector de este libro ha puesto en duda mi afirmación de que la figura 3 parece una escalera de algún tipo. Sin embargo, los resultados de los experimentos realizados con miembros de varias tribus africanas, cuyas culturas no incluyen la costumbre de dibujar objetos tridimensionales mediante dibujos bidimensionales con perspectiva, indican que los miembros de estas tribus no habrían considerado que la figura 3 es una escalera sino una disposición bidimensional de líneas. Presumo que la naturaleza de las imágenes formadas en las retinas de los observadores es relativamente independiente de su cultura. Además, parece seguirse que las experiencias perceptuales que los observadores tienen en el acto de ver no están especialmente determinadas por las imágenes de las retinas. Hanson ha llamado la atención sobre este punto y lo ha ilustrado con muchos ejemplos².

Lo que un observador ve, esto es, la experiencia visual que tiene un observador cuando ve un objeto, depende en parte de su experiencia pasada, su conocimiento y sus expectativas. He aquí dos sencillos ejemplos que ilustran esta cuestión en particular.

² N. R. Hanson, *Patterns of discovery*, Cambridge, Cambridge University Press, 1958, capítulo 1.

En un conocido experimento se mostraba a los sujetos unas cartas durante un breve período de tiempo y se les pedía que las identificaran. Cuando se utilizaba una baraja normal, los sujetos eran capaces de cumplir esta tarea con mucho éxito. Pero cuando se introducían cartas anómalas, tal como un as de picas rojo, en principio casi todos los sujetos identificaban inicialmente esas cartas de un modo incorrecto con una carta normal. Veían un as de picas rojo como un as de diamantes normal o como un as de picas normal. Las impresiones subjetivas experimentadas por los observadores estaban influidas por sus expectativas. Cuando, después de un período de confusión, los sujetos comenzaban a darse cuenta o se les decía que había cartas raras en la baraja, no tenían problema en identificar correctamente todas las cartas que se les mostraban, ya fueran anómalas o normales. Este cambio en su conocimiento y expectativas iba acompañado de un cambio en lo que veían, aunque siguieran viendo el mismo objeto físico.

Un rompecabezas infantil nos proporciona otro ejemplo; el problema consiste en encontrar el dibujo de una cara humana entre el follaje en el dibujo de un árbol. Aquí, lo que se ve, esto es, la impresión experimentada por una persona que ve el dibujo, corresponde en principio al árbol, con su tronco, sus hojas y sus ramas. Pero una vez que se ha detectado la cara humana, esto cambia. Lo que antes se veía como follaje y partes de las ramas se ve ahora como una cara humana. De nuevo, se ha visto el mismo objeto físico antes y después de la solución del problema, y presumiblemente la imagen que hay en la retina del observador no cambia en el momento en que se encuentra la solución y se descubre la cara. Y si se ve el dibujo un poco después, un observador que ya haya resuelto el problema podrá ver de nuevo con facilidad la cara. En este ejemplo, lo que ve un observador resulta afectado por su conocimiento y su experiencia.

Se puede sugerir la siguiente pregunta: «¿Qué tienen que ver estos ejemplos artificiales con la ciencia?» La respuesta es que no resulta difícil proporcionar ejemplos procedentes de la práctica científica que ilustren la misma cuestión, a saber, que lo que ven los observadores, las experiencias sub-

jetivas que tienen cuando ven un objeto o una escena, no está determinado únicamente por las imágenes formadas en sus retinas sino que depende también de la experiencia, el conocimiento, las expectativas y el estado interno en general del observador. Es necesario aprender a ver de un modo experto a través de un telescopio o de un microscopio, y la serie no estructurada de manchas brillantes y oscuras que observa el principiante es diferente del ejemplar o de la escena detallada que puede distinguir el observador adiestrado. Algo de este tipo debió de suceder cuando Galileo introdujo por vez primera el telescopio como instrumento de exploración de los cielos. Las reservas que mantenían los rivales de Galileo acerca de la aceptación de fenómenos tales como las lunas de Júpiter, que Galileo había aprendido a ver, debieron de resultar en parte no de los prejuicios sino de las auténticas dificultades con que tropezaban cuando aprendían a «ver» a través de lo que, después de todo, eran telescopios muy rudimentarios. En el pasaje siguiente, Michael Polanyi describe los cambios efectuados en la experiencia perceptual de un estudiante de medicina cuando se le enseña a diagnosticar mediante el examen por rayos x:

Pensemos en un estudiante de medicina que sigue un curso de diagnóstico de enfermedades pulmonares por rayos x. Mira, en una habitación oscura, trazos indefinidos en una pantalla fluorescente colocada contra el pecho del paciente y oye el comentario que hace el radiólogo a sus ayudantes, en un lenguaje técnico, sobre los rasgos significativos de esas sombras. En un principio, el estudiante está completamente confundido, ya que, en la imagen de rayos x del pecho, sólo puede ver las sombras del corazón y de las costillas que tienen entre sí unas cuantas manchas como patas de araña. Los expertos parecen estar imaginando quimeras; él no puede ver nada de lo que están diciendo. Luego, según vaya escuchando durante unas cuantas semanas, mirando cuidadosamente las imágenes siempre nuevas de los diferentes casos, empezará a comprender; poco a poco se olvidará de las costillas y comenzará a ver los pulmones. Y, finalmente, si persevera inteligentemente, se le revelará un rico panorama de detalles significativos: de variaciones fisiológicas y cambios patológicos, cicatrices, infecciones crónicas y signos de enfermedades agudas. Ha entrado en un mundo nuevo. Todavía ve sólo una parte de lo que

La observación depende de la teoría

pueden ver los expertos, pero ahora las imágenes tienen por fin sentido, así como la mayoría de los comentarios que se hacen sobre ellas³.

Una respuesta usual a lo que estoy diciendo acerca de la observación, apoyado por la clase de ejemplos que he utilizado, es que los observadores que ven la misma escena desde el mismo lugar ven la misma cosa, pero interpretan de diferente modo lo que ven. Deseo discutir este punto. En la medida en que se refiere a la percepción, con lo único que el observador está en inmediato y directo contacto es con sus experiencias. Estas experiencias no están dadas de modo unívoco ni son invariantes, sino que cambian con las expectativas y el conocimiento del observador. Lo que viene unívocamente dado por la situación física es la imagen formada en la retina del observador, pero el observador no tiene contacto perceptual directo con la imagen. Cuando el inductivista ingenuo, y muchos otros empiristas, suponen que hay algo unívocamente dado en la experiencia que puede interpretarse de diversas maneras, están suponiendo, sin argumentarlo a pesar de las muchas pruebas en contra, que hay una correspondencia unívoca entre las imágenes de nuestras retinas y las experiencias subjetivas que tenemos cuando vemos. Están llevando demasiado lejos la analogía de la cámara.

Una vez dicho esto, trataré de aclarar lo que no pretendo afirmar en esta sección, para que no se piense que estoy defendiendo algo diferente de lo que pretendo. En primer lugar, no afirmo en absoluto que las causas físicas de las imágenes de nuestras retinas no tengan ninguna relación con lo que vemos. No podemos ver exactamente lo que queremos. Sin embargo, mientras que las imágenes de nuestras retinas forman parte de la causa de lo que vemos, otra parte muy importante de esa causa está constituida por el estado interno de nuestras mentes o cerebros, el cual dependerá evidentemente de nuestra educación cultural, nuestro conocimiento, nuestras expectativas, etc., y no estará determinado únicamente por las propiedades físicas de nuestros

³ M. Polanyi, *Personal knowledge*, Londres, Routledge and Kegan Paul, 1973, p. 101.

ojos y de la escena observada. En segundo lugar, en una gran diversidad de circunstancias, lo que vemos en diversas situaciones sigue siendo completamente estable. La dependencia entre lo que vemos y el estado de nuestras mentes o cerebros no es tan sensible como para hacer imposible la comunicación y la ciencia. En tercer lugar, en todos los ejemplos que se han citado aquí, los observadores ven en un cierto sentido la misma cosa. Yo acepto, y presupongo a través de todo este libro, que existe un solo y único mundo físico independiente de los observadores. De ahí que, cuando unos cuantos observadores miran un dibujo, un trozo de aparato, una platina de microscopio o cualquier otra cosa, en cierto sentido todos ellos se enfrentan y miran la misma cosa y, por tanto, en cierto sentido, «ven» la misma cosa. Pero de eso no se sigue que tengan experiencias perceptivas idénticas. Hay un sentido muy importante en el que no ven la misma cosa, y en él se basa la crítica que he realizado de la postura inductivista.

III. LOS ENUNCIADOS OBSERVACIONALES PRESUPONEN LA TEORÍA

Aunque se diera una única experiencia perceptiva para todos los observadores, todavía seguiría habiendo objeciones importantes al supuesto inductivista acerca de la observación. En esta sección centraremos nuestra atención en los *enunciados* observacionales que se basan en las experiencias perceptivas de los observadores que afirman los enunciados y que están supuestamente justificados por ellas. Según la concepción inductivista de la ciencia, la sólida base sobre la que se construyen las leyes y teorías que constituyen la ciencia está formada por enunciados observacionales públicos, y no por las experiencias subjetivas privadas de los observadores individuales. Evidentemente, las observaciones que efectuó Darwin durante su viaje en el *Beagle*, por ejemplo, no habrían tenido las consecuencias que tuvieron para la ciencia si hubieran seguido siendo experiencias privadas de Darwin. Sólo se convirtieron en observaciones relevantes para la ciencia cuando fueron formuladas y comunicadas

como enunciados observacionales susceptibles de ser utilizados y criticados por otros científicos. La concepción inductivista exige la derivación de *enunciados* universales a partir de *enunciados* singulares mediante la inducción. Tanto el razonamiento inductivo como el deductivo conllevan relaciones entre diversos conjuntos de enunciados, y no relaciones entre enunciados por un lado y experiencias perceptivas por otro.

Podemos suponer que hay experiencias perceptivas de algún tipo directamente accesibles al observador, pero no sucede así con los enunciados observacionales. Estos últimos son entidades públicas, formuladas en un lenguaje público, que conllevan teorías con diversos grados de generalidad y complejidad. Una vez que se centra la atención en los enunciados observacionales en cuanto forman la supuesta sólida base de la ciencia, se puede advertir que, en contra de la pretensión del inductivista, una teoría de algún tipo debe preceder a todos los enunciados observacionales y que los enunciados observacionales son tan falibles como las teorías que presuponen.

Los enunciados observacionales se deben realizar en el lenguaje de alguna teoría, por vaga que sea. Consideremos una sencilla frase del lenguaje común: «¡Mira, el viento empuja el cochecito del niño hacia el borde del precipicio!» En esta frase se presupone mucha teoría de bajo nivel. Se implica que existe una cosa tal como el viento, que tiene la propiedad de poder mover objetos tales como cochecitos que se encuentran en su camino. El sentido de urgencia que expresa el «¡Mira!» indica la expectativa de que el coche, junto con el niño, caiga por el precipicio y quizás se estrelle contra las rocas que hay debajo y, además, se supone que este hecho será perjudicial para el niño. Igualmente, cuando un madrugador que tiene una urgente necesidad de café se queja: «El gas no quiere encenderse», se supone que en el mundo hay sustancias que se pueden agrupar bajo el concepto de «gas» y que algunas de ellas, por lo menos, arden. Hay que señalar al respecto también que no siempre se ha dispuesto del concepto de «gas». No existió hasta mediados del siglo XVIII, cuando Joseph Black preparó por primera vez el dióxido de carbono. Antes, se consideraba que todos

los «gases» eran muestras más o menos puras de aire⁴. Cuando pasamos a enunciados del tipo de los que se dan en la ciencia, los presupuestos teóricos son menos tópicos y más evidentes. No es necesario argumentar mucho en favor de la existencia de presupuestos teóricos en la afirmación «el haz de electrones fue repelido por el polo norte del imán» o en el discurso de un psiquiatra sobre los síntomas de abandono de un paciente.

Así pues, los enunciados observacionales se hacen siempre en el lenguaje de alguna teoría y serán tan precisos como lo sea el marco conceptual o teórico que utilicen. El concepto de «fuerza», tal y como se usa en física, es preciso porque toma su significado del papel que desempeña en una teoría precisa y relativamente autónoma: la mecánica newtoniana. El uso de la misma palabra en el lenguaje cotidiano (la fuerza de las circunstancias, la fuerza del vendaval, la fuerza de un argumento, etc.) es impreciso sólo porque las correspondientes teorías son múltiples e imprecisas. Las teorías precisas, claramente formuladas, constituyen un requisito previo de unos enunciados observacionales precisos. En este sentido, las teorías preceden a la observación.

Las anteriores afirmaciones acerca de la anterioridad de la teoría a la observación va en contra de la tesis inductivista de que el significado de muchos conceptos básicos se extrae de la observación. Consideremos como ejemplo el simple concepto de «rojo». Una explicación inductivista sería más o menos la siguiente. A partir de todas las experiencias perceptivas de un observador que surgen del sentido de la vista, un cierto conjunto de ellas (las que corresponden a las experiencias perceptivas que surgen de la visión de objetos rojos) tendrán algo en común. El observador, inspeccionando el conjunto, es de algún modo capaz de discernir el elemento común que hay en estas percepciones y de llegar a concebir este elemento común como lo rojo. De esta manera se llega al concepto de «rojo» a través de la observación. Esta explicación posee un serio defecto. Supone que a partir de todas las infinitas experiencias perceptivas ha-

⁴ Véase *The structure of scientific revolutions*, de T. S. Kuhn, Chicago, Chicago University Press, 1970, p. 70.

bidadas por un observador, el conjunto de experiencias perceptivas que surgen de la visión de cosas rojas está de alguna manera disponible para ser inspeccionado. Pero ese conjunto no se autoselecciona. ¿Cuál es el criterio según el que se incluyen en el conjunto algunas experiencias perceptivas y se excluyen otras? Por supuesto, el criterio es que sólo se incluyen las percepciones de los objetos rojos. La explicación presupone el propio concepto, lo rojo, cuya adquisición se pretende explicar. No supone una defensa de la postura inductivista señalar que los padres y los maestros seleccionan un conjunto de objetos rojos cuando enseñan a los niños a comprender el concepto de «rojo», ya que lo que nos interesa es cómo adquiere por vez primera el concepto su significado. La afirmación de que el concepto de «rojo» o cualquier otro concepto se deriva de la experiencia, y de nada más, es falsa.

Hasta ahora se ha estado atacando en esta sección la concepción inductivista ingenua de la ciencia, argumentando que las teorías tienen que preceder a los enunciados observacionales, de modo que resulta falso afirmar que la ciencia comienza con la observación. Ahora vamos a ver una segunda manera de atacar al inductivismo. Los enunciados observacionales son tan falibles como las teorías que presuponen y por lo tanto no constituyen una base completamente segura sobre la que construir las leyes y teorías científicas.

En primer lugar ilustraré esta cuestión con algunos ejemplos simples, de alguna manera inventados, y luego procederé a indicar la importancia de la cuestión para la ciencia citando algunos ejemplos procedentes de la ciencia y de su historia.

Consideremos el enunciado: «He aquí un trozo de tiza» emitido por un profesor al tiempo que señala una barra cilíndrica blanca que mantiene delante de la pizarra. Incluso este enunciado observacional tan básico conlleva una teoría y es falible. Se da por supuesta una generalización de muy bajo nivel tal como «las barras blancas que se encuentran en las aulas cerca de las pizarras son trozos de tiza». Y, desde luego, no es necesario que esta afirmación sea verdadera. El profesor de nuestro ejemplo puede estar equivocado. Puede que el cilindro blanco en cuestión no sea un trozo

de tiza sino una imitación cuidadosamente hecha, colocada allí por un alumno astuto que busca diversión. El profesor, o cualquiera de los presentes, podría dar un paso para comprobar la verdad del enunciado «He aquí un trozo de tiza», pero es muy significativo que cuanto más rigurosa sea la prueba, más se invoque la teoría y, además, nunca se obtiene una certeza absoluta. Por ejemplo, al ser desafiado, el profesor podría pasar el cilindro a lo largo de la pizarra, señalar el trazo blanco resultante y afirmar: «Ahí lo tienen, es un trozo de tiza». Esto implica el supuesto de que «la tiza deja un trazo blanco cuando se la pasa por una pizarra». Se podría replicar a la demostración del profesor que hay otras cosas, aparte de las tizas, que dejan trazos blancos en las pizarras. Quizás después de otra acción por parte del profesor, tal como desmenuzar la tiza, que se replica de manera similar, el profesor en cuestión podría recurrir al análisis químico. Químicamente, la tiza es en su mayor parte carbonato de calcio, afirma, y, por tanto, produciría dióxido de carbono si se la sumergiera en un ácido. Efectúa la prueba y demuestra que el gas resultante es dióxido de carbono mostrando que vuelve lechosa el agua de cal. Cada una de las etapas de esta serie de intentos por consolidar la validez del enunciado observacional «He aquí un trozo de tiza» conlleva una apelación no sólo a nuevos enunciados observacionales, sino también a más generalizaciones teóricas. La prueba que constituía el punto final de nuestra serie suponía bastante teoría química (el efecto de los ácidos sobre los carbonatos, el efecto peculiar del dióxido de carbono sobre el agua de cal). Para establecer la validez de un enunciado observacional, por consiguiente, es necesario apelar a la teoría y cuanto más firmemente se haya de establecer la validez, mayor será el conocimiento teórico que se emplee. Este hecho está en directa contradicción con lo que podríamos esperar según la opinión inductivista, a saber, que para establecer la verdad de un enunciado observacional problemático apelamos a enunciados observacionales más seguros y quizás a leyes derivadas inductivamente de ellos, pero no a la teoría.

A veces en el lenguaje cotidiano sucede que un «enunciado observacional» que en apariencia no plantea problemas resulta ser falso al verse defraudada una expectativa, debido

a la falsedad de alguna teoría presupuesta en la afirmación del enunciado observacional. Por ejemplo, puede que unos excursionistas que se encuentran en lo alto de una montaña elevada observen mientras echan una ojeada al fuego de campamento: «el agua está suficientemente caliente para hacer té» y luego descubran que estaban tristemente equivocados cuando beban el brebaje resultante. La teoría que erróneamente se había dado por supuesta es que el agua hirviendo estaba suficientemente caliente para hacer té, lo cual no tiene por qué ser así en el caso del agua hirviendo en las bajas presiones experimentadas en altitudes elevadas.

A continuación presentamos algunos ejemplos menos artificiales que son más útiles para nuestro intento de comprender la naturaleza de la ciencia.

En la época de Copérnico (antes de que se inventara el telescopio) se hicieron cuidadosas mediciones del tamaño de Venus. El enunciado «Venus, tal y como se ve desde la Tierra, no cambia apreciablemente de tamaño a lo largo del año» era generalmente aceptado por todos los astrónomos, copernicanos y no copernicanos, basándose en esas observaciones. Andreas Osiander, contemporáneo de Copérnico, se refirió a la predicción de que Venus parecería cambiar de tamaño a lo largo del año como «un resultado que la experiencia de todas las épocas contradice»⁵. Se aceptó la observación a pesar de sus inconvenientes, ya que tanto la teoría copernicana como algunas de sus rivales predecían que Venus parecería cambiar de tamaño a lo largo del año. No obstante, ahora se considera que el enunciado es falso, pues presupone la falsa teoría de que a simple vista se puede calibrar de un modo preciso el tamaño de las pequeñas fuentes de luz. La moderna teoría puede ofrecer una explicación de por qué resultará errónea la estimación a simple vista del tamaño de las pequeñas fuentes de luz y por qué se han de preferir las observaciones telescópicas, que muestran que el tamaño aparente de Venus varía considerablemente a lo largo del año. Este ejemplo ilustra claramente que

⁵ E. Rosen, *Three Copernican treatises*, Nueva York, Dover, 1959, página 25.

los enunciados observacionales dependen de la teoría y, por tanto, también su falibilidad.

El segundo ejemplo se refiere a la electrostática. Los primeros experimentadores en este campo dieron cuenta de las observaciones de varillas electrizadas que se volvían pegajosas, como lo demostraba el hecho de que se pegaran a ellas trocitos de papel, y del rechazo mutuo de dos cuerpos electrizados. Desde un punto de vista moderno, esos informes observacionales eran erróneos. Las falsas concepciones que facilitaron esas observaciones serían ahora reemplazadas por las nociones de fuerzas atrayentes y repelentes que actúan a distancia, conduciendo así a informes observacionales completamente diferentes.

Finalmente, y como detalle más divertido, los modernos científicos no tendrían ninguna dificultad para exponer la falsedad de un apunte en el cuaderno del honesto Kepler, como consecuencia de las observaciones realizadas a través de un telescopio galileano, que dice así: «Marte es cuadrado y de un intenso color»⁶.

En esta sección he mantenido que el inductivista está equivocado en dos cosas. La ciencia no comienza con los enunciados observacionales, porque una teoría de algún tipo precede siempre a todos los enunciados observacionales, y los enunciados observacionales no constituyen una base firme sobre la que pueda descansar el conocimiento científico, porque son falibles. Sin embargo no pretendo afirmar que de esto se siga que los enunciados observacionales no deberían desempeñar ningún papel en la ciencia. No insto a que se descarten todos los enunciados observacionales porque son falibles; simplemente mantengo que el papel que atribuyen los inductivistas a los enunciados observacionales en la ciencia es incorrecto.

⁶ P. K. Feyerabend, *Against method: outline of an anarchistic theory of knowledge*, Londres, New Left Books, 1975, p. 126.

IV. LA TEORÍA GUIA LA OBSERVACION Y LA EXPERIMENTACION

Según el más ingenuo de los inductivistas las observaciones efectuadas por un observador imparcial y sin prejuicios proporcionan la base del conocimiento científico⁷. Si esta postura se interpreta literalmente, es absurda e insostenible. Para ilustrarlo, imaginemos a Heinrich Hertz, en 1888, efectuando el experimento eléctrico que le permitió producir y detectar las ondas de radio por primera vez. Si hubiera sido completamente imparcial al hacer sus observaciones, se habría visto obligado a registrar no sólo las lecturas en varios contadores, la presencia o ausencia de chispas en diversos lugares críticos en los circuitos eléctricos, las dimensiones del circuito, etc., sino también el color de los contadores, las dimensiones del laboratorio, el estado del tiempo, el tamaño de sus zapatos y un montón de detalles «claramente irrelevantes», esto es, irrelevantes para el tipo de teoría en el que Hertz estaba interesado y que estaba comprobando. (En este caso concreto, Hertz estaba comprobando la teoría electromagnética de Maxwell para ver si podía producir las ondas de radio predichas por la teoría.) Como segundo ejemplo, hipotético, supongamos que yo tuviera muchas ganas de hacer alguna contribución a la fisiología o a la anatomía humanas y supongamos que hubiera observado que se habían llevado a cabo muy pocos estudios sobre los lóbulos de las orejas de los seres humanos. Si, basándome en eso, tuviera que proceder a efectuar cuidadosas observaciones del peso de los lóbulos de las orejas de muchísimos seres humanos, registrando y clasificando todas esas observaciones, creo que resulta evidente que no estaría haciendo ninguna aportación importante a la ciencia. Estaría perdiendo el tiempo, a menos que se hubiera propuesto una teoría que diera importancia al peso de los lóbulos de las orejas, por ejemplo una teoría que relacionara de algún modo el tamaño de los lóbulos con la incidencia del cáncer.

Los ejemplos anteriores ilustran un aspecto importante en el que la teoría precede a la observación en la ciencia.

⁷ Véase, por ejemplo, la cita de la p. 22.

Las observaciones y los experimentos se efectúan para comprobar o aclarar alguna teoría, y sólo se deben registrar las observaciones que se consideran relevantes para esa tarea. Sin embargo, en la medida en que las teorías que constituyen nuestro conocimiento científico son falibles e incompletas, la guía que las teorías nos ofrecen con respecto a qué observaciones son relevantes para algún fenómeno que se está investigando puede ser engañosa, y puede hacer que se pasen por alto algunos factores importantes. El experimento de Hertz referido anteriormente proporciona un bonito ejemplo. Uno de los factores a los que me refería como «claramente irrelevantes» era de hecho muy relevante. Una consecuencia de la teoría que se estaba comprobando era que las ondas de radio deben tener una velocidad igual a la velocidad de la luz. Cuando Hertz midió la velocidad de sus ondas de radio, encontró repetidas veces que su velocidad era significativamente distinta a la de la luz. Nunca consiguió resolver ese problema. Y hasta después de su muerte no se comprendió cuál era realmente la fuente del problema: las ondas de radio emitidas desde su aparato se reflejaban en las paredes del laboratorio y volvían al aparato, interfiriendo en las mediciones. Resultó que las dimensiones del laboratorio eran muy relevantes. Así pues, las falibles e incompletas teorías que constituyen el conocimiento científico pueden servir de falsa guía para un observador. Pero este problema se ha de abordar mejorando y ampliando nuestras teorías y no registrando una lista infinita de observaciones sin un propósito fijo.

V. EL INDUCTIVISMO NO ESTA REFUTADO DE UN MODO CONCLUYENTE

El hecho de que la observación dependa de la teoría, que se ha analizado en este capítulo, socava la afirmación inductivista de que la ciencia comienza con la observación. Sin embargo, sólo los inductivistas más ingenuos desearían defender esta postura. Ninguno de los inductivistas modernos, más sofisticados, desearía mantener esa versión literal. Pueden prescindir de la afirmación de que la ciencia debe

comenzar con la observación imparcial y sin prejuicios estableciendo una distinción entre el modo en que se concibe o descubre por primera vez una teoría, por un lado, y el modo en que se justifica o se valoran sus méritos, por otro. Esta postura modificada admite francamente que las nuevas teorías se conciben de diversas maneras y a menudo a través de muchos caminos. Se le pueden ocurrir al descubridor en un momento de inspiración, como en la mítica historia de que el descubrimiento por parte de Newton de la ley de gravitación surgió cuando vio caer una manzana de un árbol. Igualmente, podría producirse un nuevo descubrimiento como resultado de un accidente, como sucedió cuando Roentgen llegó al descubrimiento de los rayos x por el continuo ennegrecimiento de las placas fotográficas almacenadas en las proximidades de su tubo de descarga. O también se podría llegar a un nuevo descubrimiento después de largas series de observaciones y cálculos, tal y como enseñan los descubrimientos de Kepler de las leyes del movimiento planetario. Las teorías pueden ser concebidas, y usualmente lo son, antes de hacer las observaciones necesarias para comprobarlas. Además, según este inductivismo más sofisticado, los actos creativos, los más nuevos e importantes de los cuales exigen genio e implican la intervención de la psicología individual de los científicos, se resisten al análisis lógico. El descubrimiento y la cuestión del origen de las nuevas teorías son materias que quedan excluidas de la filosofía de la ciencia.

Sin embargo, una vez que se ha llegado a nuevas leyes y teorías, no importa por qué camino, todavía queda la cuestión de la adecuación de esas leyes y teorías. ¿Corresponden a un conocimiento científico lícito o no? Esta es la pregunta que interesa a los inductivistas sofisticados. Su respuesta es más o menos la que he esbozado en el capítulo 1. Gran cantidad de hechos relevantes para una teoría se deben determinar mediante la observación en una amplia variedad de circunstancias y hay que establecer en qué medida se puede demostrar que la teoría es verdadera o probablemente verdadera a la luz de esos hechos y mediante algún tipo de inferencia inductiva.

La separación entre el modo de descubrimiento y el modo

de justificación permite que los inductivistas eludan esa parte de la crítica que se les ha hecho en este capítulo y que iba dirigida contra la afirmación de que la ciencia comienza con la observación. Sin embargo, se puede cuestionar la licitud de la separación de los dos modos. Por ejemplo, seguramente parecería razonable sugerir que una teoría que anticipa y conduce al descubrimiento de nuevos fenómenos, tal como la teoría de Clerk Maxwell condujo al descubrimiento de las ondas de radio, es más digna de consideración y más justificable que una ley o teoría ideada para explicar fenómenos ya conocidos y no conducente al descubrimiento de otros nuevos. Espero que a medida que avance este libro quedará cada vez más claro que es esencial entender la ciencia como un conjunto de conocimientos que se desarrollan históricamente y que sólo se puede apreciar correctamente una teoría si se presta la debida atención a su contexto histórico. La apreciación de una teoría está íntimamente vinculada a las circunstancias en las cuales apareció esa teoría por primera vez.

Aunque aceptemos que los inductivistas separen el modo de descubrimiento del modo de justificación, su postura se seguirá resintiendo del hecho de que los enunciados observacionales están cargados de teoría y son por tanto falibles. El inductivista pretende establecer una distinción bastante tajante entre la observación directa, que espera servirá de base firme al conocimiento científico, y las teorías, que se han de justificar en la medida en que reciban un apoyo inductivo de la firme base observacional. Los ultrainductivistas, como los positivistas lógicos, han llegado incluso a decir que las teorías sólo tienen sentido en tanto pueden ser verificadas por la observación directa. Esta postura se ve contradicha por el hecho de que no se puede mantener esa tajante distinción entre observación y teoría, ya que la observación, o mejor dicho los enunciados resultantes de la observación, están influidos por la teoría.

Aunque he criticado duramente las filosofías de la ciencia inductivistas en este capítulo y en el anterior, los argumentos que he presentado no constituyen una refutación completamente decisiva de ese programa. No se puede considerar que el problema de la inducción se ha resuelto definitiva-

mente porque, como ya he mencionado anteriormente, la mayor parte de las otras filosofías de la ciencia tropiezan con dificultades similares. Solamente he indicado una manera en que los inductivistas pueden eludir hasta cierto punto las críticas que se centran en el hecho de que la observación depende de la teoría, y estoy convencido de que podrán idear defensas más ingeniosas. La principal razón por la que creo que se debe abandonar el inductivismo es que, comparado con otros enfoques más modernos, cada vez le ha resultado más difícil arrojar nueva e interesante luz sobre la naturaleza de la ciencia, hecho que llevó a Imre Lakatos a afirmar que el programa estaba en vías de degeneración. Las concepciones de la ciencia progresivamente más adecuadas, más interesantes y más fructíferas que se desarrollarán en los siguientes capítulos constituirán el argumento más contundente contra el inductivismo.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

La dependencia, por parte de las experiencias perceptivas, de la teoría se analiza e ilustra con ejemplos en la obra de N. R. Hanson *Patterns of discovery*. Cambridge, Cambridge University Press, 1958. En los escritos de Popper, Kuhn y Feyerabend abundan los argumentos y ejemplos que apoyan la tesis de que las observaciones y los enunciados observacionales dependen de la teoría. Algunos de los pasajes que tratan de modo específico el tema son: *The logic of discovery* de K. R. Popper (Londres, Hutchinson, 1968), cap. 5 y apéndice 10; *Objective knowledge*, de K. R. Popper (Oxford, Oxford University Press, 1972), páginas 341-61; *Against method: outline of an anarchistic theory of knowledge* (Londres, New Left Books, 1975), capítulos 6 y 7; y T. S. Kuhn, *The structure of scientific revolutions* (Chicago, Chicago University Press, 1970), capítulo 10. El capítulo 1 de *The justification of scientific change* de Carl R. Kordig (Dordrecht, Reidel Pub. Co., 1971) contiene un análisis del tema que critica a Hanson y Feyerabend a la vez. Una explicación prudente, aunque algo seca, es la de Israel Scheffler en *Science and subjectivity* (Nueva York, Bobbs-Merrill, 1967). *Eye and brain* de R. L. Gregory (Londres, Weidenfeld and Nicolson, 1972) y *Art and illusion* de Ernst Gombrich (Nueva York, Pantheon, 1960) constituyen dos entretenidos análisis de la percepción relacionados

con el problema filosófico. También recomendaría con entusiasmo un libro apasionante sobre la percepción animal, *The magic of the senses*, de Vitus B. Droscher (Nueva York, Harper and Row, 1971). Este libro da una idea muy clara de las limitaciones y el carácter restringido de la percepción humana y de la arbitrariedad de los intentos por dar un significado fundamental a la información que los humanos reciben casualmente a través de sus sentidos.

4. INTRODUCCION DEL FALSACIONISMO

El falsacionista admite francamente que la observación es guiada por la teoría y la presupone. También se congratula de abandonar cualquier afirmación que implique que las teorías se pueden establecer como verdaderas o probablemente verdaderas a la luz de la evidencia observacional. Las teorías se construyen como conjeturas o suposiciones especulativas y provisionales que el intelecto humano crea libremente en un intento de solucionar los problemas con que tropezaron las teorías anteriores y de proporcionar una explicación adecuada del comportamiento de algunos aspectos del mundo o universo. Una vez propuestas, las teorías especulativas han de ser comprobadas rigurosa e implacablemente por la observación y la experimentación. Las teorías que no superan las pruebas observacionales y experimentales deben ser eliminadas y reemplazadas por otras conjeturas especulativas. La ciencia progresa gracias al ensayo y al error, a las conjeturas y refutaciones. Sólo sobreviven las teorías más aptas. Aunque nunca se puede decir lícitamente de una teoría que es verdadera, se puede decir con optimismo que es la mejor disponible, que es mejor que cualquiera de las que han existido antes.

I. UNA CUESTION LOGICA QUE APOYA AL FALSACIONISTA

Según el falsacionismo, se puede demostrar que algunas teorías son falsas apelando a los resultados de la observación y la experimentación. En este punto, hay una cuestión lógica, simple, que parece apoyar al falsacionista. Ya he indicado en el capítulo 2 que, aunque supongamos que disponemos de alguna manera de enunciados observacionales verdaderos, nunca es posible llegar a leyes y teorías univer-

con el problema filosófico. También recomendaría con entusiasmo un libro apasionante sobre la percepción animal, *The magic of the senses*, de Vitus B. Droscher (Nueva York, Harper and Row, 1971). Este libro da una idea muy clara de las limitaciones y el carácter restringido de la percepción humana y de la arbitrariedad de los intentos por dar un significado fundamental a la información que los humanos reciben casualmente a través de sus sentidos.

4. INTRODUCCION DEL FALSACIONISMO

El falsacionista admite francamente que la observación es guiada por la teoría y la presupone. También se congratula de abandonar cualquier afirmación que implique que las teorías se pueden establecer como verdaderas o probablemente verdaderas a la luz de la evidencia observacional. Las teorías se construyen como conjeturas o suposiciones especulativas y provisionales que el intelecto humano crea libremente en un intento de solucionar los problemas con que tropezaron las teorías anteriores y de proporcionar una explicación adecuada del comportamiento de algunos aspectos del mundo o universo. Una vez propuestas, las teorías especulativas han de ser comprobadas rigurosa e implacablemente por la observación y la experimentación. Las teorías que no superan las pruebas observacionales y experimentales deben ser eliminadas y reemplazadas por otras conjeturas especulativas. La ciencia progresa gracias al ensayo y al error, a las conjeturas y refutaciones. Sólo sobreviven las teorías más aptas. Aunque nunca se puede decir lícitamente de una teoría que es verdadera, se puede decir con optimismo que es la mejor disponible, que es mejor que cualquiera de las que han existido antes.

I. UNA CUESTION LOGICA QUE APOYA AL FALSACIONISTA

Según el falsacionismo, se puede demostrar que algunas teorías son falsas apelando a los resultados de la observación y la experimentación. En este punto, hay una cuestión lógica, simple, que parece apoyar al falsacionista. Ya he indicado en el capítulo 2 que, aunque supongamos que disponemos de alguna manera de enunciados observacionales verdaderos, nunca es posible llegar a leyes y teorías univer-

sales basándose sólo en deducciones lógicas. Por otro lado, es posible efectuar deducciones lógicas, partiendo de enunciados observacionales singulares como premisas, y llegar a la falsedad de teorías y leyes universales mediante una deducción lógica. Por ejemplo, si tenemos el enunciado «En el lugar x y en el momento t se observó un cuervo que no era negro», entonces de esto se sigue lógicamente que «Todos los cuervos son negros» es falso. Esto es, la argumentación:

Premisa:

En el lugar x y en el momento t se observó un cuervo que no era negro.

Conclusión:

No todos los cuervos son negros.

es una deducción lógicamente válida. Si se afirma la premisa y se niega la conclusión, hay una contradicción. Uno o dos ejemplos más nos ayudarán a ilustrar esta cuestión lógica bastante trivial. Si se puede establecer mediante observación en una prueba experimental que un peso de 10 libras y otro de 1 libra en caída libre se mueven hacia abajo aproximadamente a la misma velocidad, entonces se puede concluir que la afirmación de que todos los cuerpos caen a velocidades proporcionales a sus pesos es falsa. Si se puede demostrar más allá de toda duda que un rayo de luz que pasa cerca del sol es desviado en una línea curva, entonces no es que la luz viaje necesariamente en línea recta.

La falsedad de enunciados universales se puede deducir de enunciados singulares adecuados. El falsacionista explota al máximo esta cuestión lógica.

II. LA FALSABILIDAD COMO CRITERIO DE TEORIAS

El falsacionista considera que la ciencia es un conjunto de hipótesis que se proponen a modo de ensayo con el propósito de describir o explicar de un modo preciso el comportamiento de algún aspecto del mundo o universo. Sin embargo, no todas las hipótesis lo consiguen. Hay una condición fun-

damental que cualquier hipótesis o sistema de hipótesis debe cumplir si se le ha de dar el estatus de teoría o ley científica. Si ha de formar parte de la ciencia, una hipótesis ha de ser *falsable*. Antes de seguir adelante, es importante aclarar la utilización que hace el falsacionista del término «falsable».

He aquí algunos ejemplos de afirmaciones simples que son falsables en el sentido deseado:

1. Los miércoles nunca llueve.
2. Todas las sustancias se dilatan al ser calentadas.
3. Los objetos pesados, como por ejemplo un ladrillo, caen directamente hacia abajo al ser arrojados cerca de la superficie de la tierra si no hay algo que lo impida.
4. Cuando un rayo de luz se refleja en un espejo plano, el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.

La afirmación (1) es falsable porque se puede falsar al observar que llueve un miércoles. La afirmación (2) es falsable; se puede falsar mediante un enunciado observacional en el sentido de que una sustancia x no se dilató al ser calentada en el tiempo t . El agua cerca de su punto de congelación serviría para falsar (2). Tanto (1) como (2) son falsables y falsas. Por lo que sé, las afirmaciones (3) y (4) pueden ser verdaderas. Sin embargo, son falsables en el sentido deseado. Lógicamente es posible que el siguiente ladrillo que se arroje «caiga» hacia arriba. No hay ninguna contradicción lógica implícita en la afirmación «El ladrillo cayó hacia arriba al ser arrojado», aunque puede ser que la observación nunca justifique semejante enunciado. La afirmación (4) es falsable porque se puede concebir que un rayo de luz que incida sobre un espejo formando un ángulo oblicuo pueda ser reflejado en dirección perpendicular al espejo. Esto no sucederá nunca si la ley de reflexión resulta ser verdadera, pero si no fuera así, no habría ninguna contradicción lógica. Tanto (3) como (4) son falsables, aunque puedan ser verdaderas.

Una hipótesis es falsable si existe un enunciado observacional o un conjunto de enunciados observacionales lógicamente posibles que sean incompatibles con ella, esto es, que

en caso de ser establecidos como verdaderos, falsarían la hipótesis.

He aquí algunos ejemplos de enunciados que no cumplen este requisito y que, por consiguiente, no son falsables.

5. O llueve o no llueve.
6. Todos los puntos de un círculo euclídeo equidistan del centro.
7. Es posible tener suerte en la especulación deportiva.

Ningún enunciado observacional lógicamente posible puede refutar (5). Es verdadero sea cual fuere el tiempo que haga. La afirmación (6) es necesariamente verdadera a causa de la definición de círculo euclídeo. Si los puntos de un círculo no equidistarán de un punto fijo, entonces esa figura ya no sería un círculo euclídeo. «Todos los solteros no están casados» no es falsable por la misma razón. La afirmación (7) es una cita de un horóscopo aparecido en un periódico. Tipifica la taimada estrategia del adivino. La afirmación no es falsable. Equivale a decir al lector que si hace una apuesta hoy, podría ganar, lo cual es cierto apueste o no y, si apuesta, gane o no.

El falsacionista exige que las hipótesis científicas sean falsables en el sentido aquí analizado. Insiste en ello porque una ley o teoría es informativa solamente en el caso de que excluya un conjunto de enunciados observacionales lógicamente posibles. Si un enunciado no es falsable, entonces el mundo puede tener cualquier propiedad y comportarse de cualquier manera sin entrar en conflicto con el enunciado. Los enunciados (5), (6) y (7), a diferencia de los enunciados (1), (2), (3) y (4), no nos dicen nada acerca del mundo. Desde un punto de vista ideal, una teoría o ley científica debería proporcionarnos alguna información acerca de cómo se comporta en realidad el mundo, excluyendo por esta razón las maneras en las que podría posiblemente (lógicamente) comportarse, pero de hecho no se comporta. La ley «Todos los planetas se mueven en elipses alrededor del sol» es científica porque afirma que los planetas se mueven de hecho en elipses y excluye que las órbitas sean cuadradas u ovals. La ley tiene contenido informativo y es falsable solamente

porque hace afirmaciones definidas acerca de las órbitas planetarias.

Una rápida ojeada a algunas leyes que se podrían considerar componentes típicos de las teorías científicas indica que satisfacen el criterio de falsabilidad. «Los polos magnéticos diferentes se atraen entre sí», «Un ácido añadido a una base produce sal más agua» y leyes similares se pueden construir fácilmente como enunciados falsables. Sin embargo, el falsacionista mantiene que algunas teorías pasan de hecho como teorías científicas sólo porque no son falsables y deberían ser rechazadas, aunque superficialmente pueda parecer que poseen las características de las buenas teorías científicas. Popper ha afirmado que al menos algunas versiones de la teoría de la historia de Marx, el psicoanálisis freudiano y la psicología adleriana adolecen de este fallo. Se puede ilustrar esta cuestión mediante la siguiente caricatura de la psicología adleriana.

Un principio fundamental de la teoría de Adler es que las acciones humanas están motivadas por sentimientos de inferioridad de algún tipo. En nuestra caricatura, esta cuestión se puede ilustrar con el siguiente incidente: un hombre se encuentra en la orilla de un peligroso río en el momento en que un niño se cae a él, muy cerca. El hombre se tirará al río intentando salvar al niño o no se tirará. Si se tira, el adleriano responde indicando cómo apoya esta acción su teoría. Evidentemente, el hombre necesitaba superar su sentimiento de inferioridad demostrando que era lo suficientemente valiente como para arrojarse al río a pesar del peligro. Si el hombre no se tira, también el adleriano puede pretender que ello apoya su teoría. El hombre superaba su sentimiento de inferioridad demostrando que tenía la fuerza de voluntad de permanecer en la orilla, imperturbable, mientras el niño se ahogaba.

Si esta caricatura es típica del modo en que funciona la teoría adleriana, entonces la teoría no es falsable¹. Es

¹ Se podría invalidar este ejemplo si hubiera una forma de establecer el tipo de complejo de inferioridad que posea el hombre en cuestión, independientemente de su comportamiento a la orilla del río. La teoría da pie para una cosa así, por lo que el ejemplo es una caricatura completamente injusta.

compatible con cualquier tipo de comportamiento humano y, precisamente por eso, no nos dice nada acerca del comportamiento humano. Por supuesto, antes de rechazar la teoría de Adler sobre esta base, sería necesario investigar los detalles de la teoría en vez de su caricatura. Pero hay un montón de teorías sociales, psicológicas y religiosas que despiertan la sospecha de que, en su afán de explicarlo todo, no explican nada. La existencia de un Dios amante y el hecho de que se produzca un desastre pueden ser compatibles interpretando que el desastre se nos envía para castigarnos o para probarnos, según lo que parezca más adecuado a la situación. Muchos ejemplos del comportamiento animal pueden ser considerados como una prueba en favor de la afirmación «Los animales están hechos de modo que puedan cumplir mejor la función para la que están destinados». Los teóricos que actúan de esta manera incurrir en los argumentos evasivos del adivino y están sujetos a las críticas del falsacionista. Para que una teoría posea un contenido informativo, ha de correr el riesgo de ser falsada.

III. GRADO DE FALSABILIDAD, CLARIDAD Y PRECISION

Una buena teoría o ley científica es falsable justamente porque hace afirmaciones definidas acerca del mundo. Para el falsacionista, de ello se sigue bastante claramente que cuanto más falsable es una teoría mejor es, empleando la palabra «más» en un sentido amplio. Cuanto más afirme una teoría, más oportunidades potenciales habrá de demostrar que el mundo no se comporta de hecho como lo establece la teoría. Una teoría muy buena será aquella que haga afirmaciones de muy amplio alcance acerca del mundo y que, en consecuencia, sea sumamente falsable y resista la falsación todas las veces que se someta a prueba.

Esta cuestión se puede aclarar mediante un ejemplo trivial. Consideremos las dos leyes siguientes:

- (a) Marte se mueve en una elipse alrededor del Sol.
- (b) Todos los planetas se mueven en elipses alrededor del Sol.

Considero que está claro que (b) tiene un estatus superior que (a) como elemento del conocimiento científico. La ley (b) nos dice todo lo que dice (a) y bastante más. La ley (b), que es la ley preferible, es más falsable que (a). Si las observaciones sobre Marte falsaran (a), también falsarían (b). Cualquier falsación de (a) constituirá también una falsación de (b), pero no a la inversa. Los enunciados observacionales referentes a las órbitas de Venus, Júpiter, etc., que posiblemente falsaran (b) son irrelevantes con respecto a (a). Si seguimos a Popper y nos referimos a esos conjuntos de enunciados observacionales que servirían para falsar una ley o teoría como *falsadores potenciales* de esa ley o teoría, entonces podemos decir que los falsadores potenciales de (a) forman una clase que es una subclase de los falsadores potenciales de (b). La ley (b) es más falsable que la ley (a), lo cual equivale a decir que afirma más, que es una ley mejor.

Un ejemplo menos artificial se refiere a la relación entre la teoría del sistema solar de Kepler y la de Newton. Considero que la teoría de Kepler consiste en sus tres leyes del movimiento planetario. Los falsadores potenciales de esa teoría constan de conjuntos de enunciados referentes a las posiciones planetarias en relación con el sol en un momento especificado. La teoría de Newton, una teoría mejor que desbancó a la de Kepler, es más amplia. Consiste en las leyes del movimiento de Newton más su ley de gravitación, la cual afirma que todos los pares de cuerpos en el universo se atraen entre sí con una fuerza que varía en proporción inversa al cuadro de su distancia. Algunos de los falsadores potenciales de la teoría de Newton son conjuntos de enunciados de las posiciones planetarias en un momento especificado. Pero hay muchos otros, incluidos aquellos que se refieren al comportamiento de los cuerpos que caen y de los péndulos, la correlación entre las mareas y las posiciones del sol y la luna, etc. Hay muchas más oportunidades de falsar la teoría de Newton que la de Kepler. Y con todo, sigue diciendo el falsacionista, la teoría de Newton fue capaz de resistir los intentos de falsación, estableciendo por ello su superioridad sobre la de Kepler. Las teorías sumamente falsables se deben preferir, pues,

a las menos falsables, siempre que no hayan sido falsadas de hecho. Para el falsacionista esta puntualización es importante. Las teorías que han sido falsadas tienen que ser rechazadas de forma tajante. La empresa científica consiste en proponer hipótesis sumamente falsables, seguidas de intentos deliberados y tenaces de falsarlas. Como dice Popper:

Por ello puedo admitir con satisfacción que los falsacionistas como yo preferimos con mucho un intento de resolver un problema interesante mediante una conjetura audaz, *aunque pronto resulte ser falsa (y especialmente en ese caso)*, a cualquier recital de una serie de truisms improcedentes. Lo preferimos porque creemos que esa es la manera en que podemos aprender de nuestros errores; y que al descubrir que nuestra conjetura era falsa habremos aprendido mucho sobre la verdad y habremos llegado más cerca de la verdad².

Aprendemos de nuestros *errores*. La ciencia progresa mediante el ensayo y el *error*. Debido a que la situación lógica hace imposible la derivación de leyes y teorías universales a partir de enunciados observacionales, pero posible la deducción de su falsedad, las *falsaciones* se convierten en importantes hitos, en logros sobresalientes, en los principales puntos del desarrollo de la ciencia. Este hincapié algo antiintuitivo que hacen los falsacionistas más extremos en la importancia de las falsaciones se criticará en los últimos capítulos.

Como la ciencia aspira a lograr teorías con un gran contenido informativo, los falsacionistas dan la bienvenida a la propuesta de audaces conjeturas especulativas. Se han de estimular las especulaciones temerarias siempre que sean falsables y siempre que sean rechazadas al ser falsadas. Esta actitud de «a vida o muerte» choca con la precaución recomendada por el inductivista ingenuo. Según éste, sólo aquellas teorías de las que se puede demostrar que son verdaderas o probablemente verdaderas habrán de ser admitidas en la ciencia. Sólo debemos ir más allá de los resul-

² K. R. Popper, *Conjectures and refutations*, Londres, Routledge and Kegan Paul, 1969, p. 231; las cursivas están en el original.

tados inmediatos de la experiencia en la medida en que nos guíen inducciones legítimas. El falsacionismo, en contraposición, reconoce las limitaciones de la inducción y la subordinación de la observación a la teoría. Sólo se pueden descubrir los secretos de la naturaleza con la ayuda de teorías ingeniosas y perspicaces. Cuanto mayor sea el número de teorías conjeturadas que se enfrentan a la realidad del mundo y cuanto más especulativas sean estas conjeturas, mayores serán las oportunidades de hacer importantes avances en la ciencia. No hay peligro de que proliferen las teorías especulativas porque las que sean descripciones inadecuadas del mundo pueden ser eliminadas drásticamente como resultado de la observación o de otras pruebas.

La exigencia de que las teorías sean sumamente falsables tiene la atractiva consecuencia de que las teorías sean establecidas y precisadas con claridad. Si se establece una teoría de forma tan vaga que no queda claro qué afirma exactamente, entonces, cuando se comprueba mediante la observación o la experimentación, siempre se podrá interpretar que es compatible con los resultados de esas pruebas. De esta manera, podrá ser defendida contra las falsaciones. Por ejemplo, Goethe escribió de la electricidad que

no es nada, un cero, un mero punto que, sin embargo, mora en todas las aparentes existencias y al mismo tiempo es el punto de origen por el cual, al menor estímulo, se presenta una doble apariencia, una apariencia que sólo se manifiesta para desvanecerse. Las condiciones en las que se provocan estas manifestaciones son infinitamente variadas según la naturaleza de cada cuerpo³.

Si tomamos esta cita literalmente, es muy difícil ver qué posible conjunto de circunstancias físicas podría servir para falsarla. Es infalsable justamente porque es así de vaga e indefinida (al menos tomada fuera de su contexto). Los

³ J. W. Goethe, *Theory of colours*, trad. de C. L. Eastlake, Cambridge (Mass), M. I. T. Press, 1970, p. 295. Véase también el comentario de Popper sobre la teoría de la electricidad de Hegel en *Conjectures and refutations*, p. 332.

políticos y los adivinos pueden evitar que se les acuse de cometer errores haciendo que sus afirmaciones sean tan vagas que siempre pueden resultar compatibles con todo lo que pueda acontecer. La exigencia de un alto grado de falsabilidad elimina tales maniobras. El falsacionista exige que se puedan establecer las teorías con suficiente claridad como para correr el riesgo de ser falsadas.

Con respecto a la precisión existe una situación similar. Cuanto más precisamente se formula una teoría, se hace más falsable. Si aceptamos que cuanto más falsable es una teoría tanto mejor es (siempre que no haya sido falsada), entonces también debemos aceptar que cuanto más precisas sean las afirmaciones de una teoría, mejor será ésta. «Los planetas se mueven en elipses alrededor del sol» es más precisa que «Los planetas se mueven en rizados cerrados alrededor del sol» y, en consecuencia, es más falsable. Una órbita oval falsaría la primera afirmación pero no la segunda, mientras que cualquier órbita que false la segunda falsará también la primera. El falsacionista está decidido a preferir la primera. De modo similar, el falsacionista debe preferir la afirmación de que la velocidad de la luz en el vacío es de $299,8/10^6$ metros por segundo a la afirmación menos precisa de que es de unos $300/10^6$ metros por segundo, justamente porque la primera es más falsable que la segunda.

Las exigencias de precisión y claridad de expresión, que van íntimamente ligadas, se siguen naturalmente de la concepción de la ciencia que tiene el falsacionista.

IV. FALSACIONISMO Y PROGRESO

El progreso de la ciencia tal y como lo ve el falsacionista se podría resumir de la siguiente manera. La ciencia comienza con problemas, problemas que van asociados con la explicación del comportamiento de algunos aspectos del mundo o universo. Los científicos proponen hipótesis falsables como soluciones al problema. Las hipótesis conjeturadas son entonces criticadas y comprobadas. Algunas serán eliminadas rápidamente. Otras pueden tener más

éxito. Estas deben someterse a críticas y pruebas más rigurosas. Cuando finalmente se falsa una hipótesis que ha superado con éxito una gran variedad de pruebas rigurosas, surge un nuevo problema, afortunadamente muy alejado del problema original resuelto. Este nuevo problema exige la invención de nuevas hipótesis, seguidas de nuevas críticas y pruebas. Y así el proceso continúa indefinidamente. Nunca se puede decir de una teoría que es verdadera, por muy bien que haya superado pruebas rigurosas, pero afortunadamente se puede decir que una teoría actual es superior a sus predecesoras en el sentido de que es capaz de superar pruebas que falsaron a sus predecesoras.

Antes de que examinemos algunos ejemplos que ilustren esta concepción falsacionista del progreso científico, habría que decir algo acerca de la afirmación de que «el punto de partida de la ciencia son los problemas». He aquí algunos problemas con los que se han enfrentado los científicos en el pasado. ¿Cómo son capaces los murciélagos de volar tan hábilmente por la noche a pesar de que sus ojos son muy pequeños y débiles? ¿Por qué la elevación de un barómetro sencillo es inferior en las grandes altitudes que en las bajas? ¿Por qué se ennegrecían continuamente las placas fotográficas del laboratorio de Roentgen? ¿Por qué se adelanta el perihelio de Mercurio? Estos problemas surgen a partir de *observaciones* más o menos sencillas. Así pues, al insistir en el hecho de que el punto de partida de la ciencia son los problemas, ¿no sucede acaso que para el falsacionista, al igual que sucedía con el inductivista ingenuo, la ciencia comienza con la observación? La respuesta a esta pregunta es un rotundo «no». Las observaciones citadas anteriores como problemas sólo son problemáticas *a la luz de alguna teoría*. La primera es problemática a la luz de la teoría de que los organismos vivos «ven» con los ojos; la segunda era problemática para los partidarios de las teorías de Galileo, porque estaba en pugna con la teoría de la «fuerza del vacío», que éstos aceptaban como explicación de por qué el mercurio no cae en el tubo de un barómetro; la tercera era problemática para Roentgen porque en esa época se suponía tácitamente que no existía ningún tipo de emanación o radiación que pudiera penetrar en el reci-

piente de las placas fotográficas y oscurecerlas; la cuarta era problemática porque era incompatible con la teoría de Newton. La afirmación de que el origen de la ciencia está en los problemas es perfectamente compatible con la prioridad de las teorías sobre la observación y los enunciados observacionales. La ciencia no comienza con la pura observación.

Después de esta digresión, volvamos a la concepción falsacionista del progreso de la ciencia como progreso desde los problemas a las hipótesis especulativas, a su crítica y a su falsación final y, por consiguiente, a nuevos problemas. Ofreceremos dos ejemplos, el primero de los cuales es muy sencillo y trata del vuelo de los murciélagos y el segundo de los cuales es más ambicioso y trata del progreso de la física.

Comenzamos con un problema. Los murciélagos son capaces de volar con facilidad y a gran velocidad, evitando las ramas de los árboles, los cables telegráficos, otros murciélagos, etc., y pueden atrapar insectos. Y, no obstante, los murciélagos tienen ojos débiles y de todos modos vuelan casi siempre de noche. Este hecho plantea un problema porque, en apariencia, falsa la plausible teoría de que los animales, al igual que los seres humanos, ven con los ojos. Un falsacionista intentará resolver este problema formulando una conjetura o hipótesis. Quizás sugiera que, aunque los ojos de los murciélagos aparentan ser débiles, sin embargo, de alguna manera que no se conoce, pueden ver de manera eficaz por la noche utilizando sus ojos. Se puede comprobar esta hipótesis. Se suelta un grupo de murciélagos en una habitación a oscuras que contenga obstáculos y se mide de alguna manera su habilidad para evitar los obstáculos. Luego se suelta en la habitación a los mismos murciélagos, pero con los ojos vendados. Antes del experimento, el experimentador puede hacer la siguiente deducción. Una premisa de la deducción es su hipótesis que dice de modo muy explícito: «Los murciélagos pueden volar y evitar los obstáculos utilizando sus ojos, y no lo pueden hacer sin usar los ojos». La segunda premisa es una descripción de la prueba experimental, incluyendo el enunciado «Este grupo de murciélagos tiene los ojos vendados, de

manera que no usan sus ojos». A partir de estas dos premisas, el experimentador puede derivar deductivamente que el grupo de murciélagos no será capaz de evitar los obstáculos de modo eficaz en la prueba de laboratorio. Luego se efectúa el experimento y se descubre que los murciélagos evitan los choques de manera tan eficaz como antes. La hipótesis ha sido falsada. Ahora hay necesidad de utilizar de nuevo la imaginación, de formular una nueva conjetura, hipótesis o suposición. Tal vez un científico sugiera que los oídos de los murciélagos tienen que ver de algún modo con su capacidad para evitar los obstáculos. Se puede comprobar la hipótesis en un intento de falsarla tapando los oídos de los murciélagos antes de soltarlos en el laboratorio de la prueba. Esta vez se descubre que la habilidad de los murciélagos para evitar los obstáculos se ve disminuida considerablemente. La hipótesis ha sido confirmada. Entonces el falsacionista debe tratar de precisar su hipótesis de manera que se pueda falsar fácilmente. Se sugiere que el murciélago escucha el eco de sus propios chillidos que rebotan en los objetos sólidos. Se comprueba esta hipótesis amordazando a los murciélagos antes de soltarlos. De nuevo los murciélagos chocan con los obstáculos, lo cual confirma de nuevo la hipótesis. Parece que ahora el falsacionista está llegando a una solución provisional de su problema, aunque no considera que haya *probado* mediante el experimento cómo evitan chocar los murciélagos mientras vuelan. Pueden surgir una serie de factores que muestren que estaba equivocado. Quizás los murciélagos no detecten los obstáculos con los oídos sino con zonas sensitivas cercanas a los oídos, cuyo funcionamiento disminuye cuando se tapan los oídos de los murciélagos. O quizás los diferentes tipos de murciélagos detecten los obstáculos de diferentes maneras, de manera que los murciélagos usados en el experimento no sean auténticamente representativos.

El progreso de la física desde Aristóteles hasta Einstein pasando por Newton proporciona un ejemplo a mayor escala. La concepción falsacionista de ese progreso es más o menos la siguiente. La física aristotélica tenía éxito en cierta medida. Podía explicar gran variedad de fenómenos. Podía explicar por qué los objetos pesados caen al suelo

(porque buscan su lugar natural en el centro del universo), podía explicar la acción de los sifones y bombas de extracción (la explicación se basaba en la imposibilidad del vacío), etc. Pero finalmente la física aristotélica fue falsada de diversas maneras. Las piedras arrojadas desde lo alto de un mástil de un barco que se movía uniformemente caían en la cubierta al pie del mástil y no a distancia de él, como predecía la teoría de Aristóteles. Las lunas de Júpiter giraban alrededor de Júpiter, pero no alrededor de la Tierra. Durante el siglo xvii se acumularon montones de falsaciones. Sin embargo, una vez que hubo sido creada y desarrollada la física newtoniana mediante las conjeturas de Galileo y Newton, fue una teoría superior que la de Aristóteles. La teoría de Newton podía explicar la caída de los objetos y el funcionamiento de los sifones y bombas de extracción y podía también explicar los fenómenos que resultaban problemáticos para los aristotélicos. Además, la teoría de Newton podía explicar fenómenos a los que la teoría de Aristóteles no aludía, tales como las correlaciones entre las mareas y la posición de la Luna, y la variación en la fuerza de la gravedad con la altura por encima del nivel del mar. Durante dos siglos, la teoría de Newton se vio coronada por el éxito. Esto es, no tuvieron éxito los intentos de falsarla mediante los nuevos fenómenos predichos con su ayuda. La teoría condujo incluso al descubrimiento de un nuevo planeta, Neptuno. Pero, a pesar de su éxito, finalmente triunfaron los continuos esfuerzos por falsarla. La teoría de Newton fue falsada de diversas maneras. No fue capaz de explicar los detalles de la órbita del planeta Mercurio ni la masa variable de los electrones de rápido movimiento en un tubo de descarga. Así pues, los físicos se enfrentaron con problemas estimulantes, a medida que el siglo xix daba paso al xx, problemas que exigían nuevas hipótesis destinadas a solucionar esos problemas de un modo progresivo. Einstein fue capaz de responder al reto. Su teoría de la relatividad fue capaz de explicar los fenómenos que falsaron la teoría de Newton, al tiempo que era capaz de competir con la teoría newtoniana en las áreas en las que ésta había triunfado. Además, la teoría de Einstein llevó a la predicción de nuevos fenómenos espectacu-

lares. Su teoría de la relatividad especial predijo que la masa sería una función de la velocidad, y que la masa y la energía se podrían transformar la una en la otra, y su teoría general predijo que los rayos de luz podrían ser desviados por fuertes campos gravitatorios. Los intentos de refutar la teoría einsteiniana mediante los nuevos fenómenos fracasaron. La falsación de la teoría de Einstein sigue siendo un desafío para los físicos modernos. Su éxito, si se produjera finalmente, marcaría un nuevo paso adelante en el progreso de la física.

Esto dice la típica concepción falsacionista del progreso de la física. Más adelante pondremos en duda su precisión y validez.

Resulta evidente a partir de lo dicho que el concepto de progreso, de desarrollo científico, es fundamental en la concepción falsacionista de la ciencia. En el próximo capítulo trataremos este problema de modo más detallado.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

El texto falsacionista clásico es *The logic of scientific discovery* de Popper (Londres, Hutchinson, 1968). Las opiniones de Popper sobre la filosofía de la ciencia se encuentran detalladas en dos recopilaciones de artículos: *Objective knowledge* (Oxford, Oxford University Press, 1972) y *Conjectures and refutations* (Londres, Routledge and Kegan Paul, 1969). *Induction and intuition in scientific thought*, de P. Medawar, es un ensayo falsacionista de carácter popular (Londres, Methuen, 1969). En las lecturas que se recomiendan en el capítulo 5 se incluyen obras más detalladas sobre el falsacionismo.

7. LAS TEORIAS COMO ESTRUCTURAS: 1. LOS PROGRAMAS DE INVESTIGACION

I. HAY QUE CONSIDERAR LAS TEORIAS COMO TOTALIDADES ESTRUCTURALES

El esbozo de la teoría copernicana presentado en el capítulo anterior sugería que las concepciones inductivistas y falsacionistas de la ciencia son muy poco sistemáticas. Al concentrarse en las relaciones entre teorías y enunciados observacionales individuales o conjuntos de éstos, no tienen en cuenta la complejidad de las principales teorías científicas. Ni el hincapié del inductivista ingenuo en la necesidad de derivar inductivamente las teorías de la observación ni el esquema falsacionista de conjeturas y falsaciones son capaces de describir adecuadamente la génesis y el desarrollo de teorías realmente complejas. Para dar una idea más adecuada hay que considerar las teorías como totalidades estructuradas de algún tipo.

Una razón por la que es necesario considerar las teorías como estructuras procede de un estudio de la historia de la ciencia. El estudio histórico revela que la evolución y el progreso de las principales ciencias muestran una estructura que no captan ni la concepción inductivista ni la falsacionista. El desarrollo programático de la teoría copernicana a lo largo de más de un siglo nos proporciona un ejemplo. Más adelante, en este mismo capítulo, veremos otros. Sin embargo, el argumento histórico no es la única base para afirmar que las teorías son totalidades estructurales de algún tipo. Hay otro argumento filosófico más general que está íntimamente vinculado al hecho de que la observación depende de la teoría. En el capítulo 3 se subrayó que los enunciados observacionales se deben formular en el lenguaje de alguna teoría. En consecuencia, los enunciados, y

los conceptos que figuran en ellos, serán tan precisos e informativos como precisa e informativa sea la teoría en cuyo lenguaje se construyen. Por ejemplo, pienso que se estará de acuerdo en que el concepto newtoniano de masa tiene un significado más preciso que el concepto de democracia. Sugiero que la razón del significado relativamente preciso del primero se debe al hecho de que el concepto desempeña un determinado papel, bien definido, en una teoría estructurada y precisa: la mecánica newtoniana. Por el contrario, las teorías en las que aparece el concepto de «democracia» son notoriamente vagas y múltiples. Si esta estrecha conexión que acabo de sugerir entre la precisión del significado de un término o enunciado y el papel desempeñado por ese término o enunciado en una teoría es válida, de ello se desprende directamente la necesidad de teorías coherentemente estructuradas.

Que el significado de los conceptos depende de la estructura de la teoría en la que aparecen y que la precisión de aquéllos depende de la precisión y el grado de coherencia de ésta es algo que puede resultar más plausible observando las limitaciones de algunas maneras alternativas en las que se puede considerar que un concepto adquiere significado. Una de estas alternativas es la tesis de que los conceptos adquieren su significado mediante una *definición*. Hay que rechazar las definiciones como procedimiento fundamental para establecer significados. Los conceptos sólo se pueden definir en función de otros conceptos cuyos significados están ya dados. Si los significados de estos últimos conceptos son también establecidos por definición, es evidente que se producirá una regresión infinita a menos que se conozcan por otros medios los significados de algunos términos. Un diccionario es inútil a menos que ya se sepan los significados de muchas palabras. Newton no pudo *definir* la masa o la fuerza en términos de conceptos prenewtonianos. Tuvo que superar los términos del viejo sistema conceptual desarrollando uno nuevo. Una segunda alternativa es la sugerencia de que el significado de los conceptos se establece a través de la observación, mediante la *definición ostensible*. Ya se ha analizado en las páginas 48-9, en conexión con el concepto de «rojo», una dificultad fundamental

que conlleva esta sugerencia. No se llegará al concepto de «masa» a través de la sola observación, por mucho que se escudriñen bolas de billar que colisionan, pesos en resortes, planetas que giran, etc., ni será posible enseñar a los demás el significado de masa señalando simplemente esos acontecimientos. No deja de tener interés recordar ahora que si intentamos enseñar a un perro mediante una definición ostensible, el perro responderá invariablemente husmeando nuestro dedo.

La afirmación de que los conceptos sacan su significado, al menos en parte, del papel que desempeñan en una teoría se ve apoyada por las siguientes reflexiones históricas.

En contra del mito popular, parece que Galileo efectuó muy pocos experimentos en mecánica. Muchos de esos «experimentos» a los que se refiere cuando articula su teoría son experimentos mentales. Este hecho resulta paradójico para aquellos empiristas que piensan que las nuevas teorías se derivan de alguna manera de los hechos, pero resulta plenamente comprensible cuando se cae en la cuenta de que sólo se puede llevar a cabo una experimentación precisa si se tiene una teoría precisa susceptible de proporcionar predicciones en la forma de enunciados observacionales precisos. Galileo estaba efectuando una importante contribución a la construcción de una nueva mecánica que iba a resultar capaz de soportar una experimentación detallada en una etapa posterior. No es de extrañar que sus esfuerzos implicaran experimentos mentales, analogías y metáforas ilustrativas en vez de una detallada experimentación. Creo que la típica historia de un concepto, ya sea «elemento químico», «átomo», «inconsciente», o cualquier otro, conlleva el surgimiento inicial del concepto como idea vaga, seguido de su aclaración gradual a medida que la teoría en la que desempeña un papel toma una forma más coherente y precisa. El surgimiento del concepto de campo eléctrico proporciona un ejemplo especialmente notable, aunque algo técnico. Cuando Faraday introdujo por primera vez el concepto en la cuarta década del siglo XIX, éste era muy vago y se articuló con la ayuda de analogías mecánicas y un uso metafórico de términos tales como «tensión», «potencia» y «fuerza». El concepto de campo se fue definiendo cada vez

mejor a medida que se especificaban de modo más claro las relaciones entre el campo eléctrico y otras cantidades electromagnéticas. Una vez que Maxwell hubo introducido su corriente de desplazamiento, fue posible dar mayor coherencia a la teoría en la forma de las ecuaciones de Maxwell, que establecían claramente la interrelación existente entre todas las cantidades del campo electromagnético. Fue en esta etapa cuando el significado de «campo eléctrico» en la teoría electromagnética clásica alcanzó un alto grado de claridad y precisión. También fue en esta etapa cuando se concedió independencia propia a los campos y se prescindió del éter, que había sido considerado necesario para proporcionar una base mecánica a los campos.

Hasta ahora hemos mencionado dos razones por las cuales hay que considerar a las teorías como estructuras organizadas de algún tipo: el hecho de que el estudio histórico muestra que las teorías poseen esa característica y el hecho de que los conceptos solamente adquieren un significado preciso mediante una teoría coherentemente estructurada. Una tercera razón surge de la necesidad de desarrollo por parte de la ciencia. Es evidente que la ciencia avanzará de modo más eficaz si las teorías están estructuradas de manera que contengan en ellas prescripciones e indicaciones muy claras con respecto a cómo se deben desarrollar y ampliar. Deben ser estructuras sin límites que ofrezcan un programa de investigación. La mecánica de Newton proporcionó un programa de esta clase a los físicos de los siglos XVIII y XIX, un programa para explicar todo el mundo físico en términos de sistemas mecánicos que conllevan diversas fuerzas y están regidos por las leyes newtonianas del movimiento. Se podría comparar este programa coherente con la sociología moderna, gran parte de la cual se ocupa lo suficiente de datos empíricos como para satisfacer los criterios falsacionistas, cuando no inductivistas, de buena ciencia y que, no obstante, no consigue emular el éxito de la física. Siguiendo a Lakatos, creo que la diferencia crucial reside en la coherencia relativa de las dos teorías. Las modernas teorías sociológicas no ofrecen un programa coherente que guíe la futura investigación.

II. LOS PROGRAMAS DE INVESTIGACION DE LAKATOS

El resto de este capítulo estará dedicado a resumir un notable intento de analizar las teorías como estructuras organizadas: el de Imre Lakatos en «Methodology of scientific research programmes»¹. Lakatos desarrolló su idea de la ciencia en un intento por mejorar el falsacionismo popperiano y por superar las objeciones hechas a éste.

Un programa de investigación lakatosiano es una estructura que sirve de guía a la futura investigación tanto de modo positivo como de modo negativo. La *heurística negativa* de un programa conlleva la estipulación de que no se pueden rechazar ni modificar los supuestos básicos subyacentes al programa, su *núcleo central*. Está protegido de la falsación mediante un *cinturón protector* de hipótesis auxiliares, condiciones iniciales, etc. La *heurística positiva* está compuesta por líneas maestras que indican cómo se puede desarrollar el programa de investigación. Dicho desarrollo conllevará completar el núcleo central con supuestos adicionales en un intento de explicar fenómenos previamente conocidos y de predecir fenómenos nuevos. Los programas de investigación serán *progresistas* o *degeneradores* según consigan o no conducir al descubrimiento de fenómenos nuevos. Para que el lector no se desanime ante esta barrera de terminología nueva, me apresuraré a explicarla en términos muy simples.

Más que cualquier otra cosa, la característica definitoria de un programa es su núcleo central. Toma la forma de hipótesis teóricas muy generales que constituyen la base a partir de la cual se desarrolla el programa. He aquí algunos ejemplos. El núcleo central de la astronomía copernicana lo constituirían los supuestos de que la tierra y los planetas giran alrededor de un sol inmóvil y de que la tierra gira sobre su eje una vez al día. El núcleo central de la física newtoniana está compuesto por las leyes del movimiento de

¹ I. Lakatos, «Falsification and the methodology of scientific research programmes», en *Criticism and the growth of knowledge*, compilado por I. Lakatos y A. Musgrave (Cambridge, Cambridge University Press, 1974), pp. 91-196.

Newton más su ley de la atracción gravitatoria. El núcleo central del materialismo histórico de Marx sería el supuesto de que el cambio social ha de ser explicado en términos de lucha de clases, siendo determinados la naturaleza de las clases y los detalles de la lucha en último término por la base económica.

El núcleo central de un programa se vuelve infalsable por la «decisión metodológica de sus protagonistas»². Cualquier insuficiencia en la confrontación entre un programa de investigación articulado y los datos observacionales no se ha de atribuir a los supuestos que constituyen el núcleo central, sino a alguna otra parte de la estructura teórica. El laberinto de supuestos que constituyen esta otra parte de la estructura es a lo que Lakatos se refiere como cinturón protector. No sólo consta de hipótesis auxiliares explícitas que completan el núcleo central, sino además de supuestos subyacentes a la descripción de las condiciones iniciales y también de enunciados observacionales. Por ejemplo, el núcleo central del programa de investigación copernicano necesitaba ser aumentado añadiendo numerosos epiciclos a las órbitas planetarias inicialmente circulares y también era necesario cambiar el cálculo de la distancia de la tierra a las estrellas previamente aceptada. Si el comportamiento planetario previamente aceptado difería del predicho por el programa de investigación copernicano en alguna etapa de su desarrollo, se podía proteger el núcleo central del programa modificando los epiciclos o añadiendo otros nuevos. Finalmente, había que descubrir y modificar otros supuestos inicialmente implícitos. Se protegía el núcleo central cambiando la teoría subyacente al lenguaje de observación de modo que, por ejemplo, los datos telescópicos reemplazaran a las observaciones realizadas a simple vista. También podían ser finalmente modificadas las condiciones iniciales, con la adición de nuevos planetas.

La heurística negativa de un programa consiste en la exigencia de que durante el desarrollo del programa el núcleo siga sin modificar e intacto. Cualquier científico que modifique el núcleo central se apartará de ese determinado

² *Ibid.*, p. 133.

programa de investigación. Tycho Brahe se apartó del programa de investigación copernicano e inició otro al proponer que todos los planetas excepto la tierra giran alrededor del sol, al tiempo que el propio sol gira alrededor de una tierra inmóvil. El hincapié de Lakatos en el elemento convencional que corresponde al trabajo dentro de un programa de investigación, en la necesidad que tienen los científicos de *decidir* aceptar su núcleo central, tiene mucho en común con la postura de Popper acerca de los enunciados observacionales que se analizó en la sección II del capítulo anterior. La principal diferencia estriba en que, mientras que en Popper las decisiones sólo conciernen a la aceptación de los enunciados singulares, en Lakatos el mecanismo se extiende hasta ser aplicable a los enunciados *universales* que constituyen el núcleo. Sobre el hincapié de Lakatos en las decisiones personales explícitas de los científicos, mis reservas son similares a las que mencioné en relación con Popper. En los últimos capítulos de este libro se analizará más ampliamente esta cuestión.

La heurística positiva, ese aspecto de un programa de investigación que indica a los científicos el tipo de cosa que deben hacer en vez del que no deben hacer, es algo más vaga y más difícil de describir de manera específica que la heurística negativa. La heurística positiva indica cómo se ha de completar el núcleo central para que sea capaz de explicar y predecir los fenómenos reales. Como dice el propio Lakatos: «La heurística positiva consiste en un conjunto parcialmente articulado de sugerencias o indicaciones sobre cómo cambiar y desarrollar las 'variantes refutables' del programa de investigación, cómo modificar, refinar el cinturón protector 'refutable'»³. El desarrollo de un programa de investigación no sólo supondrá la adición de las oportunas hipótesis auxiliares, sino también el desarrollo de las técnicas matemáticas y experimentales idóneas. Por ejemplo, desde los mismos comienzos del programa copernicano, resultó evidente que eran necesarias, para la elaboración y aplicación detallada del programa, técnicas matemáticas adecuadas para manipular los movimientos epicíclicos, me-

³ *Ibid.*, p. 135.

jores técnicas de observación astronómica y teorías adecuadas que rigieran la utilización de los diversos instrumentos. Lakatos puso como ejemplo de la noción de heurística positiva la historia del desarrollo inicial, por parte de Newton, de su teoría gravitatoria⁴. Newton llegó en primer lugar a la ley de la atracción de los cuadrados inversos considerando el movimiento elíptico de un punto-planeta alrededor de un punto-sol inmóvil. Era evidente que si se había de aplicar en la práctica la teoría gravitatoria al movimiento planetario, sería necesario desarrollar el programa transformando este modelo idealizado en otro más realista. Pero ese desarrollo suponía la solución de los problemas teóricos, que no se iba a lograr sin un considerable trabajo teórico. El propio Newton, enfrentado con un programa definido, esto es, guiado por una heurística positiva, hizo notables progresos. En primer lugar, tuvo en cuenta el hecho de que tanto un sol como un planeta se mueven bajo el influjo de su atracción mutua. Después tuvo en cuenta el tamaño finito de los planetas y los trató como si fueran esferas. Después de resolver el problema matemático que planteaba ese movimiento, Newton procedió a considerar otras complicaciones tales como las introducidas por la posibilidad de que un planeta pueda girar y el hecho de que existan fuerzas gravitatorias entre los planetas así como entre cada planeta y el sol. Cuando Newton había llegado a este punto del programa, siguiendo el camino que le había parecido más o menos necesario desde el comienzo, empezó a ocuparse de la confrontación entre su teoría y la observación. Cuando vio que la confrontación no cuadraba, lo que hizo fue pasar a considerar planetas no esféricos, etc. Surgió así un programa experimental bastante definido, así como el programa teórico contenido en la heurística positiva. Dicho programa incluía el desarrollo de telescopios más precisos, junto con las teorías auxiliares necesarias para su utilización en la astronomía, tales como aquéllas que proporcionan los medios adecuados para tener en cuenta la refracción de la luz en la atmósfera terrestre. La formulación inicial del programa de Newton también conllevaba la

⁴ *Ibid.*, pp. 145-46.

capacidad de construir un aparato lo suficientemente sensible como para detectar la atracción gravitatoria a escala de laboratorio (experimento de Cavendish). El programa implícito en la teoría gravitatoria newtoniana proporcionó una sólida guía heurística. Lakatos ofrece una explicación muy detallada de la teoría del átomo de Bohr como otro ejemplo convincente⁵. Una característica importante de estos ejemplos del desarrollo de los programas de investigación lo constituye la etapa comparativamente tardía en que resultan oportunas las comprobaciones observacionales. Este hecho está de acuerdo con mis comentarios en la sección anterior sobre la construcción por parte de Galileo de los principios de la mecánica. Los primeros trabajos en un programa de investigación se realizan sin prestar atención a las aparentes falsaciones mediante la observación o a pesar de ellas. Hay que dar una oportunidad al programa de investigación para que haga efectivo todo su potencial. Hay que construir un cinturón protector adecuado y convenientemente sofisticado. En el ejemplo que hemos ofrecido de la revolución copernicana, este cinturón incluía el desarrollo de una óptica y una mecánica adecuadas. Cuando se ha desarrollado un programa hasta un punto en que es conveniente someterlo a pruebas observacionales, según Lakatos son las confirmaciones y no las falsaciones las que tienen capital importancia⁶. Se exige que un programa de investigación tenga éxito, al menos de vez en cuando, a la hora de realizar predicciones nuevas que se confirmen. En la sección IV del capítulo 5 se analizó la noción de predicción «nueva». La teoría newtoniana conoció éxitos espectaculares de este tipo cuando Galileo observó por primera vez el planeta Neptuno y cuando Cavendish detectó por primera vez la atracción gravitatoria a escala de laboratorio. Tales éxitos constituyeron los hitos del carácter progresivo del programa. En contraposición, la astro-

⁵ *Ibid.*, pp. 140-54.

⁶ Utilizo el término «confirmación» de la misma manera que en los capítulos anteriores para referirme a los resultados de una prueba experimental que apoyan una teoría, y no a la prueba de una teoría. Lakatos utilizaba «verificación» allí donde yo he utilizado «confirmación».

nomía tolemaica no pudo predecir fenómenos nuevos a lo largo de toda la Edad Media. En la época de Newton, decididamente la teoría tolemaica había degenerado.

Del boceto anterior se desprenden dos maneras de valorar el mérito de un programa de investigación. En primer lugar, un programa de investigación debe poseer un grado de coherencia que conlleve la elaboración de un programa definido para la investigación futura. En segundo término, un programa de investigación debe conducir al descubrimiento de nuevos fenómenos al menos de vez en cuando. Un programa de investigación debe satisfacer ambas condiciones si pretende calificarse de científico. Lakatos pone como ejemplos de programas que cumplen el primer requisito, pero no el segundo, al marxismo y a la psicología freudiana, y de programa que quizás cumpla el segundo pero no el primero, a la moderna sociología.

III. LA METODOLOGIA DENTRO DE UN PROGRAMA DE INVESTIGACION

Dentro del marco conceptual de Lakatos, hay que tratar la metodología desde dos puntos de vista: uno se refiere al trabajo realizado dentro de un solo programa de investigación, y el otro a la comparación de los méritos de programas de investigación rivales. El trabajo que se realiza dentro de un solo programa de investigación supone la expansión y modificación de su cinturón protector añadiendo y articulando diversas hipótesis. ¿Qué tipos de adiciones y modificaciones debe permitir una buena metodología científica y qué tipos se han de considerar acientíficos? La respuesta que da Lakatos a esta cuestión es sencilla. Se puede permitir cualquier maniobra mientras no sea *ad hoc* en el sentido analizado en la sección II del capítulo 5. Las modificaciones o adiciones al cinturón protector de un programa de investigación deben ser comprobables de forma independiente. Se pide a los científicos o grupos de científicos que desarrollen el cinturón protector de la manera que deseen, siempre que sus maniobras ofrezcan la oportunidad de hacer nuevas comprobaciones y por tanto la posibilidad de realizar nue-

vos descubrimientos. Como ejemplo, tomemos el caso del desarrollo de la teoría de Newton que hemos considerado ya varias veces y examinemos la situación que enfrentó a Leverrier y Adams cuando se dedicaron a estudiar la problemática órbita del planeta Urano. Aquellos científicos optaron por modificar el cinturón protector del programa aduciendo que las condiciones iniciales eran insuficientes. Su detallada propuesta era científica porque era comprobable de manera independiente y, como se vio a la larga, condujo al descubrimiento del planeta Neptuno. Pero, según la concepción de Lakatos, otras respuestas posibles al problema habrían sido auténticamente científicas. Otro científico podría haber propuesto una modificación en la teoría óptica que rige el funcionamiento de los telescopios empleados en la investigación. Esta maniobra habría sido científica si, por ejemplo, hubiera implicado la predicción de un nuevo tipo de aberración, de tal manera que se pudiera comprobar mediante experimentos ópticos la existencia de la nueva aberración. Otra maniobra podría haber implicado poner en tela de juicio alguno de los supuestos del cinturón protector, como por ejemplo los concernientes a la refracción en la atmósfera terrestre. Una maniobra semejante habría sido lícita si hubiera ofrecido la posibilidad de efectuar nuevos tipos de comprobaciones experimentales, llevando tal vez al descubrimiento de algún rasgo inesperado de la atmósfera terrestre.

Hay dos tipos de maniobras que excluye la metodología de Lakatos. Quedan excluidas las hipótesis *ad hoc*, las hipótesis que no son comprobables de forma independiente. Por ejemplo, en nuestro caso habría sido acientífico proponer que el movimiento problemático del planeta Urano era debido a que ese era su movimiento natural. El otro tipo de maniobra que queda excluido es el que va en contra del núcleo central, como ya hemos dicho. Un científico que tratara de hacer frente a la órbita de Urano proponiendo que la fuerza entre Urano y el sol obedece a alguna ley distinta de la del inverso de los cuadrados estaría saliéndose del programa de investigación newtoniano.

El hecho de que cualquier parte del complejo laberinto teórico pueda ser responsable de una aparente falsación

plantea un serio problema al falsacionista que confía en un método general de conjeturas y refutaciones. Para él, la incapacidad de localizar la fuente del problema da como resultado un caos ametódico. La concepción lakatosiana de la ciencia está lo suficientemente estructurada como para evitar esa consecuencia. Se mantiene el orden gracias a la inviolabilidad del núcleo central de un programa y a la heurística positiva que lo acompaña. La proliferación de conjeturas ingeniosas dentro de ese marco le llevará a progresar siempre que alguna de las predicciones resultantes de las conjeturas ingeniosas tengan éxito de vez en cuando. Los resultados de las comprobaciones experimentales son los que determinan de modo muy sencillo las decisiones de mantener o rechazar una hipótesis. Las que sobreviven a las pruebas experimentales se conservan de modo provisional y las que no consiguen sobrevivir se rechazan, aunque dichas decisiones puedan ser reconsideradas a la luz de alguna otra hipótesis ingeniosa, comprobable de forma independiente. La relación de la observación con una hipótesis que se está comprobando es relativamente poco problemática dentro de un programa de investigación debido a que el núcleo central y la heurística positiva sirven para definir un lenguaje observacional sumamente estable.

IV. LA COMPARACION DE LOS PROGRAMAS DE INVESTIGACION

Mientras que dentro de un programa de investigación se pueden determinar los méritos relativos de hipótesis rivales de un modo relativamente sencillo, la comparación de programas de investigación rivales es más problemática. En términos generales, los méritos relativos de los programas de investigación se tienen que juzgar por la medida en que dichos programas progresan o degeneran. Un programa que degenera dará paso a un rival más progresista, de igual manera que la astronomía tolemaica dio paso finalmente a la teoría copernicana.

Una dificultad importante de este criterio de aceptación y rechazo de los programas de investigación va unida al factor tiempo. ¿Cuánto tiempo debe pasar hasta que se pueda decidir que un programa ha degenerado gravemente, que es

incapaz de llevar al descubrimiento de nuevos fenómenos? La parábola de Lakatos sobre el comportamiento hipotéticamente extraño de un planeta, que se reprodujo en las páginas 95-6, indica la dificultad. En ese desarrollo imaginario de la astronomía newtoniana, nunca se pudo asegurar que no estuviera a la vuelta de la esquina un éxito importante. Considerando un auténtico ejemplo histórico, se descubrió que era correcta la predicción de Copérnico acerca de las fases de Venus setenta años después y la predicción copernicana de que las estrellas fijas debían exhibir una paralaje se confirmó varios siglos más tarde. Debido a la incertidumbre del resultado de futuros intentos por desarrollar y comprobar un programa de investigación, nunca se puede decir si un programa ha degenerado más allá de toda esperanza. Siempre es posible que alguna ingeniosa modificación de su cinturón protector conduzca a algún descubrimiento espectacular que haga que el programa reviva y entre en una fase progresista.

La historia de las teorías de la electricidad proporciona un ejemplo de la suerte cambiante de programas de investigación rivales. Un programa, al cual denominaré teoría de la acción a distancia, consideraba la electricidad como un fluido o partículas de algún tipo que residían en los cuerpos cargados eléctricamente y fluían a través de circuitos eléctricos. Se suponía que cada uno de los elementos de la electricidad actuaba sobre los demás a distancia, instantáneamente, a través del espacio vacío y con una fuerza que dependía de la separación y del movimiento de los elementos. El otro programa era la teoría del campo iniciada por Faraday, según la cual se pueden explicar los fenómenos eléctricos en función de las acciones que se producen en el medio que rodea a los cuerpos electrificados y a los circuitos eléctricos, y no en función del comportamiento de una sustancia que hay dentro de ellos. Antes de que Faraday consiguiera sus éxitos, la teoría progresista era la de la acción a distancia. Condujo al descubrimiento de la capacidad de una jarra de Leyden para almacenar electricidad y al descubrimiento por Cavendish de la ley de los cuadrados inversos de la atracción o rechazo entre los cuerpos cargados de electricidad. Sin embargo, la teoría del campo había de sobre-

pasar a la de la acción a distancia con el descubrimiento por Faraday de la inducción electromagnética y su invención del motor eléctrico, la dinamo y el transformador en la década de 1830. La teoría del campo progresó de una manera aún más espectacular cuando, unas cuantas décadas después, Hertz produjo las ondas de radio predichas por el programa. No obstante, la teoría de la acción a distancia no se agotó. La noción de electrón surgió de ese programa. En la primera mitad del siglo XIX, un teórico de la acción a distancia, W. Weber, lo predijo de una manera vaga, en 1892 H. A. Lorentz lo predijo de una manera más precisa y fue finalmente J. J. Thomson y otros quienes lo detectaron en años posteriores de esa década. El desarrollo de la teoría electromagnética clásica habría resultado muy perjudicado si se hubiera abandonado antes el enfoque de la acción a distancia debido al progreso superior del programa de la teoría del campo. Dicho sea de paso, la interacción entre los dos programas y el hecho de que la teoría electromagnética clásica surgiera como una reconciliación de los dos programas, heredando de uno los campos y del otro el electrón, sugiere que los programas de investigación no son tan autónomos como indica la explicación de Lakatos.

Así pues, dentro de la explicación de Lakatos, no se puede decir nunca de modo absoluto que un programa de investigación es «mejor» que otro rival. El propio Lakatos admite que sólo se pueden decidir los méritos relativos de dos programas «retrospectivamente». Como no ha conseguido ofrecer un criterio claro para rechazar un programa de investigación coherente o para elegir entre programas de investigación rivales, se podría decir, junto con Feyerabend, que la metodología de Lakatos es un «*ornamento verbal*, una especie de recuerdo de tiempos más felices cuando todavía se creía posible manejar un asunto complejo y a menudo catastrófico como la ciencia mediante unas cuantas reglas 'racionales' y simples»⁷. La cuestión aquí suscitada será analizada con cierto detalle en el capítulo 9.

⁷ P. K. Feyerabend, «Consolations for the specialist», en *Criticism and the growth of knowledge*, compilado por Lakatos y Musgrave, página 215.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

La fuente más importante es «Falsification and the methodology of scientific research programmes», de I. Lakatos, en *Criticism and the growth of knowledge*, compilado por I. Lakatos y A. Musgrave (Cambridge, Cambridge University Press, 1974), páginas 91-196. En «Why did Einstein's programme supersede Lorentz's?», de E. Zahar, se encuentran estudios de algunos casos históricos desde el punto de vista de Lakatos, *British Journal for the Philosophy of Science*, 24, 1973, pp. 95-123, 223-63, así como en «Why did Copernicus's programme supersede Ptolemy's?», de I. Lakatos y E. Zahar en *The Copernican achievement*, compilado por R. Westman (Berkeley, California, California University Press, 1975); véanse también los estudios recogidos en Colin Howson, comp., *Method and appraisal in the physical sciences*, Cambridge, Cambridge University Press, 1976. La mayoría de los artículos de Lakatos han sido recogidos y publicados en dos volúmenes por John Worrall y Gregory Currie, Cambridge, Cambridge University Press, 1978. Noretta Koertge, en «Inter-theoretic criticism and the growth of science», *Boston studies in philosophy of science*, vol. 8, compilado por R. C. Buck y R. S. Cohen (Dordrecht, Reidel Publ. Co., 1971), páginas 160-73, critica la medida en que los programas de investigación de Lakatos son autosuficientes. D. Bloor compara las posturas de Lakatos y Kuhn, defendiendo la de este último, en «Two paradigms of scientific knowledge?», *Science Studies*, 1, 1971, pp. 101-15. Alan E. Musgrave se ocupa de la idea de predicción nueva en «Logical versus historical theories of confirmation», *British Journal for the Philosophy of Science*, 25, 1974, pp. 1-23.

8. LAS TEORIAS COMO ESTRUCTURAS:
2. LOS PARADIGMAS DE KUHN

I. OBSERVACIONES INICIALES

Existe una segunda concepción de las teorías científicas como estructuras complejas de cierto tipo que ha recibido y está recibiendo mucha atención en los últimos años. Me refiero a la concepción desarrollada por Thomas Kuhn, cuya primera versión apareció en su obra *The structure of scientific revolutions*, que se publicó inicialmente en 1962¹. Kuhn comenzó su carrera académica como físico y luego centró su atención en la historia de la ciencia. Al hacerlo, descubrió que sus ideas preconcebidas acerca de la naturaleza de la ciencia quedaban hechas añicos. Se dio cuenta de que las concepciones tradicionales de la ciencia, ya fueran inductivistas o falsacionistas, no resistían una comparación con las pruebas históricas. Posteriormente la teoría de la ciencia de Kuhn se desarrolló como un intento de proporcionar una teoría de la ciencia que estuviera más de acuerdo con la situación histórica tal y como él la veía. Un rasgo característico de su teoría es la importancia atribuida al carácter revolucionario del progreso científico, en la que una revolución supone el abandono de una estructura teórica y su reemplazo por otra, incompatible con la anterior. Otro aspecto importante reside en el importante papel que desempeñan en la teoría de Kuhn las características sociológicas de las comunidades científicas.

Los enfoques de Lakatos y Kuhn poseen algunas cosas en común. Concretamente, ambos exigen de sus concepciones filosóficas que resistan a las críticas basadas en la historia de la ciencia. La concepción de Kuhn es anterior

¹ T. S. Kuhn, *The structure of scientific revolutions* (Chicago, University of Chicago Press, 1970).

a la metodología de los programas de investigación científica de Lakatos y pienso que resulta acertado decir que Lakatos adaptó algunos de los resultados de Kuhn a sus propósitos. En este libro hemos presentado en primer lugar la concepción de Lakatos porque se ve mejor como la culminación del programa popperiano y como una respuesta directa a las limitaciones del falsacionismo de Popper y un intento de superarlas. Las principales diferencias entre Kuhn, por un lado, y Popper y Lakatos, por otro, estriban en el hincapié que hace el primero en los factores sociológicos.

El «relativismo» de Kuhn será estudiado y criticado más adelante en este libro. En este capítulo me limitaré simplemente a resumir las opiniones de Kuhn.

Se puede resumir la imagen que tiene Kuhn de cómo progresa una ciencia mediante el siguiente esquema abierto:

preciencia-ciencia normal-crisis-revolución-nueva ciencia normal-nueva crisis

La desorganizada y diversa actividad que precede a la formación de una ciencia se estructura y dirige finalmente cuando una comunidad científica se adhiere a un solo *paradigma*. Un paradigma está constituido por los supuestos teóricos generales, las leyes y las técnicas para su aplicación que adoptan los miembros de una determinada comunidad científica. Los que trabajan dentro de un paradigma, ya sea la mecánica newtoniana, la óptica ondulatoria, la química analítica o cualquier otro, practican lo que Kuhn denomina *ciencia normal*. La ciencia normal articulará y desarrollará el paradigma en su intento por explicar y acomodar el comportamiento de algunos aspectos importantes del mundo real, tal y como se revelan a través de los resultados de la experimentación. Al hacerlo experimentarán inevitablemente dificultades y se encontrarán con aparentes falsaciones. Si las dificultades de ese tipo se escapan de las manos, se desarrolla un estado de *crisis*. La crisis se resuelve cuando surge un paradigma completamente nuevo que se gana la adhesión de un número de científicos cada vez mayor, hasta

que finalmente se abandona el paradigma original, acosado por problemas. El cambio discontinuo constituye una *revolución científica*. El nuevo paradigma, lleno de promesas y no abrumado por dificultades en apariencia insuperables, guía entonces la nueva actividad científica normal hasta que choca con serios problemas y aparece una nueva crisis seguida de una nueva revolución.

Con este resumen como anticipo, procedamos a examinar con más detalle los diversos componentes del esquema de Kuhn.

II. LOS PARADIGMAS Y LA CIENCIA NORMAL

Una ciencia madura está regida por un solo paradigma.³ El paradigma establece las normas necesarias para legitimar el trabajo dentro de la ciencia que rige. Coordina y dirige la actividad de «resolver problemas» que efectúan los científicos normales que trabajan dentro de él. La característica que distingue a la ciencia de la no ciencia es, según Kuhn, la existencia de un paradigma capaz de apoyar una tradición de ciencia normal. La mecánica newtoniana, la óptica ondulatoria y el electromagnetismo clásico constituyeron y quizás constituyen aún paradigmas y se califican de ciencias. Gran parte de la sociología moderna carece de un paradigma y en consecuencia no se califica de ciencia.

Como se explicará más adelante, en la naturaleza de un paradigma está el escapar a una definición precisa. No obstante, es posible describir algunos componentes típicos que constituyen un paradigma. Entre esos componentes se encontrarán las leyes explícitamente establecidas y los supuestos teóricos comparables al núcleo central de un programa

³ Desde la primera redacción de *The structure of scientific revolutions*, Kuhn ha admitido que en un principio utilizó el término «paradigma» en un sentido ambiguo. En la *Posdata* a la edición de 1970 distingue un sentido general del término, al que ahora se refiere como «matriz disciplinar», y un sentido estricto del término, que reemplaza por el de «ejemplar». Continúo utilizando «paradigma» en su sentido general para referirme a lo que Kuhn ha rebautizado como matriz disciplinar.

de investigación lakatosiano. Así, por ejemplo, las leyes del movimiento de Newton forman parte del paradigma newtoniano y las ecuaciones de Maxwell forman parte del paradigma que constituye la teoría electromagnética clásica. Los paradigmas también incluirán las maneras normales de aplicar las leyes fundamentales a los diversos tipos de situaciones. Por ejemplo, el paradigma newtoniano incluirá los métodos para aplicar las leyes de Newton al movimiento planetario, a los péndulos, a los choques de las bolas de billar, etc. También se incluirán en el paradigma el instrumental y las técnicas instrumentales necesarios para hacer que las leyes del paradigma se refieran al mundo real. La aplicación en astronomía del paradigma newtoniano conlleva el uso de diversos tipos acreditados de telescopios, junto con técnicas para su utilización y diversas técnicas para corregir los datos recopilados con su ayuda. Un componente adicional de los paradigmas lo constituyen algunos principios metafísicos muy generales, que guían el trabajo dentro del paradigma. Durante todo el siglo XIX, el paradigma newtoniano estuvo regido por un supuesto como éste: «Todo el mundo físico se ha de explicar como un sistema mecánico que actúa bajo el influjo de diversas fuerzas de acuerdo con los dictados de las leyes del movimiento de Newton», y el programa cartesiano del siglo XVII suponía el principio: «No hay vacío y el universo físico es un gran mecanismo de relojería en el que todas las fuerzas toman la forma de impulsos». Por último, todos los paradigmas contendrán algunas prescripciones metodológicas muy generales tales como: «Hay que intentar seriamente compaginar el paradigma con la naturaleza» o «Hay que tratar los intentos fallidos de compaginar el paradigma con la naturaleza como problemas serios».

La ciencia normal conlleva intentos detallados de articular un paradigma con el propósito de compaginarlo mejor con la naturaleza. Un paradigma siempre será lo suficientemente impreciso y abierto como para permitir que se hagan ese tipo de cosas³. Kuhn describe la ciencia normal como

³ Véase la noción algo más precisa de heurística positiva de Lakatos.

una actividad de resolver problemas gobernada por las reglas de un paradigma. Los problemas serán tanto de naturaleza teórica como experimental. Por ejemplo, dentro del paradigma newtoniano, los problemas teóricos típicos conllevan la invención de técnicas matemáticas que se ocupen del movimiento de un planeta sujeto a más de una fuerza atrayente y desarrollen supuestos adecuados para aplicar las leyes de Newton al movimiento de los fluidos. Los problemas experimentales incluían el perfeccionamiento de la precisión de las observaciones telescópicas y el desarrollo de las técnicas experimentales capaces de proporcionar mediciones fiables de la constante gravitatoria. La ciencia normal debe presuponer que un paradigma proporciona los medios adecuados para resolver los problemas que en él se plantean. Se considera que un fracaso en la resolución de un problema es un fracaso del científico, más que una insuficiencia del paradigma. Los problemas que se resisten a ser solucionados son considerados como *anomalías*, más que como falsaciones de un paradigma. Kuhn reconoce que todos los paradigmas contendrán algunas anomalías (por ejemplo, la teoría copernicana y el tamaño aparente de Venus o el paradigma newtoniano y la órbita de Mercurio) y rechaza todas las corrientes del falsacionismo.

Un científico normal no debe criticar el paradigma en el que trabaja. Sólo de esa manera es capaz de concentrar sus esfuerzos en la detallada articulación del paradigma y efectuar el trabajo esotérico necesario para explorar la naturaleza en profundidad. Lo que distingue a la ciencia normal, madura, de la actividad relativamente desorganizada de la *preciencia* inmadura es la falta de desacuerdo en lo fundamental. Según Kuhn, la *preciencia* se caracteriza por el total desacuerdo y el constante debate de lo fundamental, de manera que es imposible abordar el trabajo detallado, esotérico. Habrá casi tantas teorías como trabajadores haya en el campo y cada teórico se verá obligado a comenzar de nuevo y a justificar su propio enfoque. Kuhn ofrece como ejemplo la óptica antes de Newton. Hubo muchas teorías sobre la naturaleza de la luz desde los tiempos de los antiguos hasta Newton. No se llegó a un acuerdo general ni surgió una teoría detallada, generalmente acep-

tada, antes de que Newton propusiera y defendiera su teoría de las partículas. Los teóricos rivales del período precientífico no sólo discrepaban en sus supuestos teóricos, sino también en los tipos de fenómenos observacionales importantes para sus teorías. En la medida en que Kuhn reconoce el papel desempeñado por un paradigma como guía de la investigación y la interpretación de los fenómenos observables, da cabida a la mayor parte de lo que he descrito en el capítulo 3 como la dependencia de la observación por parte de la teoría.

Kuhn insiste en que en un paradigma hay más de lo que se puede exponer explícitamente en forma de reglas y directrices explícitas. Invoca el análisis efectuado por Wittgenstein de la noción de «juego» para ilustrar en parte lo que quiere decir. Wittgenstein mantenía que no es posible detallar las condiciones necesarias y suficientes para que una actividad sea un juego. Cuando se intenta, se encuentra invariablemente una actividad que la definición incluye pero que no se desearía considerar como un juego, o una actividad que la definición excluye pero que se desearía considerar como un juego. Kuhn afirma que existe la misma situación con relación a los paradigmas. Si se trata de dar una descripción explícita y precisa de algún paradigma en la historia de la ciencia o en la ciencia actual, siempre resulta que algún trabajo efectuado dentro del paradigma va en contra de la descripción. Sin embargo, Kuhn insiste en que esta situación no hace insostenible el concepto de paradigma, del mismo modo que la situación similar con respecto al «juego» no excluye el uso legítimo de ese concepto. Aunque no exista una descripción explícita y completa, los científicos trabajan con un paradigma a través de su formación científica. Un aspirante a científico se pone al corriente de los métodos, las técnicas y las normas del paradigma resolviendo problemas normales, efectuando experimentos normales y, finalmente, haciendo alguna investigación bajo la supervisión de alguien que ya es un experto dentro del paradigma. No será capaz de hacer una relación explícita de los métodos y las técnicas que ha aprendido, del mismo modo que un maestro carpintero no es capaz de describir plenamente lo que hay detrás de sus técnicas. Gran parte del

conocimiento del científico normal será *tácito*, en el sentido desarrollado por Michael Polanyi⁴.

Debido al modo en que es adiestrado, y necesita ser adiestrado, si ha de trabajar de manera eficaz, un científico normal típico será inconsciente de la naturaleza precisa del paradigma en el que trabaja e incapaz de articularla. Sin embargo, de esto no se desprende que un científico no sea capaz de intentar articular las presuposiciones implícitas en su paradigma, si surge la necesidad. Semejante necesidad surgirá cuando un paradigma se vea amenazado por un rival. En esas circunstancias será necesario intentar detallar las leyes generales, los principios metodológicos y metafísicos, etc., implícitos en un paradigma para defenderlos de las alternativas que conlleva el nuevo paradigma que lo amenaza. En la próxima sección, procederé a resumir la explicación que da Kuhn de cómo puede un paradigma tropezar con problemas y ser reemplazado por un rival.

III. CRISIS Y REVOLUCION

El científico normal trabaja confiadamente dentro de un área bien definida, dictada por un paradigma. El paradigma se le presenta con un conjunto de problemas definidos, junto con unos métodos que él confía serán adecuados para su solución. Si culpa al paradigma de no haber conseguido resolver algún problema, estará expuesto a las mismas acusaciones que el carpintero que culpa a sus instrumentos. No obstante, habrá fallos que pueden a la larga llegar a tal grado de gravedad que constituya una seria crisis para el paradigma y lleve al rechazo del paradigma y a su reemplazo por una alternativa incompatible.

La mera existencia dentro de un paradigma de problemas sin resolver no constituye una crisis. Kuhn reconoce que los paradigmas siempre encontrarán dificultades. Siempre habrá anomalías. Solamente en condiciones especiales las anomalías se pueden desarrollar de tal manera que socaven

⁴ Véase M. Polanyi, *Personal knowledge*, Londres, Routledge and Kegan Paul, 1973, y *Knowing and being*, Londres, Routledge and Kegan Paul, 1969.

la confianza en el paradigma. Se considerará que una anomalía es particularmente grave si se juzga que afecta a los propios fundamentos de un paradigma y, no obstante, resiste con vigor a los intentos de eliminarla por parte de los miembros de la comunidad científica normal. Kuhn cita como ejemplo los problemas asociados al éter y el movimiento de la tierra relativo a él en la teoría electromagnética de Maxwell, a finales del siglo XIX. Los problemas que los cometas planteaban al cosmos aristotélico ordenado y lleno de las esferas cristalinas conectadas entre sí constituirían un ejemplo menos técnico. También se considera que las anomalías son serias si son importantes con relación a alguna necesidad social apremiante. Los problemas que abrumaban a la astronomía tolemaica eran apremiantes a la luz de la necesidad de la reforma del calendario en la época de Copérnico. También tendrá que ver con la seriedad de una anomalía la cantidad de tiempo que resista a los intentos de eliminarla. El número de anomalías serias es otro factor que influye en el comienzo de una crisis.

Según Kuhn, analizar las características de un período de crisis en la ciencia exige tanto la competencia de un psicólogo como la de un historiador. Cuando se llega a considerar que las anomalías plantean al paradigma serios problemas, comienza un período de «inseguridad profesional marcada»⁵. Los intentos por resolver el problema se hacen cada vez más radicales y progresivamente se van debilitando las reglas establecidas por el paradigma para solucionar problemas. Los científicos normales comienzan a entablar discusiones metafísicas y filosóficas y tratan de defender sus innovaciones, de estatus dudoso desde el punto de vista del paradigma, con argumentos filosóficos. Los científicos empiezan incluso a expresar abiertamente su descontento e intranquilidad con respecto al paradigma reinante. Kuhn cita la respuesta de Wolfgang Pauli a lo que éste consideró como una crisis creciente de la física hacia 1924. Un Pauli exasperado confesó a un amigo: «En este momento la física se encuentra en un estado de terrible confusión. De cualquier modo, me resulta demasiado difícil y me gustaría haber sido

⁵ Kuhn, *The structure of scientific revolutions*, pp. 67-68.

actor de cine o algo por el estilo, y no haber oído hablar nunca de la física»⁶. Una vez que un paradigma ha sido debilitado y socavado hasta el punto de que sus defensores pierden su confianza en él, ha llegado el momento de la revolución.

La gravedad de una crisis aumenta cuando hace su aparición un paradigma rival. «El nuevo paradigma, o un indicio suficiente para permitir una posterior articulación, surge de repente, a veces en medio de la noche, en el pensamiento de un hombre profundamente inmerso en la crisis»⁷. El nuevo paradigma será muy diferente del viejo e incompatible con él. Las diferencias radicales serán de diversos tipos.

Cada paradigma considerará que el mundo está constituido por distintos tipos de cosas. El paradigma aristotélico consideraba que el universo estaba dividido en dos reinos distintos, la región supralunar, incorruptible e inalterable, y la región terrestre, corruptible y sometida al cambio. Los paradigmas posteriores consideraron que todo el universo estaba constituido por los mismos tipos de sustancias materiales. La química anterior a Lavoisier implicaba la afirmación de que el mundo contenía una sustancia denominada flogisto, que se desprende de las materias cuando arden. El nuevo paradigma de Lavoisier implicaba que no había nada semejante al flogisto, pero que sí existe un gas, el oxígeno, que desempeña un papel completamente distinto en la combustión. La teoría electromagnética de Maxwell implicaba un éter que ocupaba todo el espacio, mientras que la reformulación radical que de ella hiciera Einstein eliminaba el éter.

Los paradigmas rivales considerarán lícitos o significativos diversos tipos de cuestiones. Las cuestiones relativas al peso del flogisto eran importantes para los teóricos del flogisto e inútiles para Lavoisier. Las cuestiones relativas a la masa de los planetas eran fundamentales para los newtonianos y heréticas para los aristotélicos. El problema de la velocidad de la tierra con respecto al éter, que tenía un profundo significado para los físicos anteriores a Einstein,

⁶ *Ibid.*, p. 84.

⁷ *Ibid.*, p. 91.

fue disipado por éste. Del mismo modo que plantean distintos tipos de cuestiones, los paradigmas conllevan normas diferentes e incompatibles. Los newtonianos admitían una inexplicada acción a distancia, mientras que los cartesianos la rechazaban por metafísica e incluso ocultista. Para Aristóteles el movimiento sin causa era un absurdo, pero para Newton era un axioma. La transmutación de los elementos ocupa un lugar importante en la moderna física nuclear (al igual que en la alquimia medieval), pero va completamente en contra de los objetivos del programa atomista de Dalton. Ciertos tipos de acontecimientos descriptibles dentro de la microfísica moderna suponen una indeterminación que no tenía cabida en el programa newtoniano.

El paradigma en el que esté trabajando guiará el modo en que el científico vea un determinado aspecto del mundo. Kuhn mantiene que, en cierto sentido, los defensores de paradigmas rivales «viven en mundos distintos». Cita como prueba el hecho de que los astrónomos occidentales observaron, registraron y analizaron por primera vez cambios en el cielo después de que se propusiera la teoría copernicana. Con anterioridad, el paradigma aristotélico había dictaminado que no podía haber cambios en la región supralunar y, en consecuencia, no se observaba ningún cambio. Los cambios que se observaron se explicaron como perturbaciones en la atmósfera superior. En el capítulo 3 se han ofrecido más ejemplos de Kuhn y otros.

Kuhn vincula el cambio de la adhesión por parte de los científicos de un paradigma a otro alternativo e incompatible con un «cambio de *gestalt*» o una «conversión religiosa». No existe ningún argumento puramente lógico que demuestre la superioridad de un paradigma sobre otro y que, por tanto, impulse a cambiar de paradigma a un científico racional. Una razón de que no sea posible esa demostración estriba en el hecho de que en el juicio de un científico sobre los méritos de una teoría científica intervienen muchos factores. La decisión del científico dependerá de la prioridad que dé a dichos factores. Los factores incluirán cosas tales como la simplicidad, la conexión con alguna necesidad social urgente, la capacidad de resolver algún determinado tipo de problema, etc. Así, por ejemplo, un científico podrá sentirse

atraído por la teoría copernicana debido a la simplicidad de algunas de sus características matemáticas. Otro podrá sentirse atraído porque ve en ella la posibilidad de la reforma del calendario. A un tercero le podrá haber hecho desistir de la teoría copernicana su interés por la mecánica terrestre y su conciencia de los problemas que la teoría copernicana le planteaba. Un cuarto podrá rechazar la teoría copernicana por razones religiosas.

Una segunda razón de que no exista una demostración lógicamente convincente de la superioridad de un paradigma sobre otro surge del hecho de que los partidarios de los paradigmas rivales suscribirán distintos conjuntos de normas, principios metafísicos, etc. Juzgado por sus propias normas, el paradigma *A* podrá ser considerado superior al paradigma *B*, mientras que si se utilizan como premisas las normas del paradigma *B*, el juicio podrá ser el contrario. La conclusión de una argumentación es convincente solamente si se aceptan sus premisas. Los partidarios de paradigmas rivales no aceptarán las premisas de los contrarios y por lo tanto no se dejarán convencer necesariamente por los argumentos de los demás. Por este tipo de razón, Kuhn compara a las revoluciones científicas con las revoluciones políticas. Así como «las revoluciones políticas pretenden cambiar las instituciones políticas por unos medios que las propias instituciones prohíben» y en consecuencia «falla el recurso político», así también la elección «entre paradigmas rivales resulta ser una elección entre modos incompatibles de vida comunitaria» y ningún argumento puede ser «lógica ni siquiera probabilísticamente convincente»⁸. Sin embargo, esto no quiere decir que los diversos argumentos no se encuentren entre los importantes factores que influyen en las decisiones de los científicos. En opinión de Kuhn, qué tipo de factores resultan eficaces para hacer que los científicos cambien de paradigma es algo que debe descubrir la investigación psicológica y sociológica.

Así pues, hay ciertas razones interrelacionadas de que no haya un argumento lógicamente convincente que dicte el abandono de un paradigma por parte de un científico cuando

⁸ *Ibid.*, pp. 93-94.

un paradigma compite con otro. No hay un criterio único por el que un científico pueda juzgar el mérito o porvenir de un paradigma y, además, los defensores de los programas rivales suscribirán distintos conjuntos de normas e incluso verán el mundo de distinta manera y lo describirán en distinto lenguaje. El propósito de los argumentos y discusiones entre defensores de paradigmas rivales debe ser persuadir y no coaccionar. Creo que lo que he resumido en este párrafo es lo que hay detrás de la afirmación kuhniana de que los paradigmas rivales son «inconmensurables».

Una revolución científica corresponde al abandono de un paradigma y a la adopción de otro nuevo, no por parte de un científico aislado sino por parte de la comunidad científica en su totalidad. A medida que se convierten más científicos, por diversas razones, al paradigma, hay un «creciente cambio en la distribución de las adhesiones profesionales»⁹. Para que la revolución tenga éxito, este cambio ha de extenderse hasta incluir a la mayoría de los miembros de la comunidad científica, quedando sólo unos cuantos disidentes, los cuales serán excluidos de la nueva comunidad científica y tal vez se refugiarán en un departamento de filosofía. De cualquier modo, finalmente se extinguirán.

IV. LA FUNCION DE LA CIENCIA NORMAL Y LAS REVOLUCIONES

Algunos aspectos de los escritos de Kuhn podrían dar la impresión de que su concepción de la naturaleza de la ciencia es puramente *descriptiva*, esto es, que lo único que pretende es describir las teorías científicas o paradigmas y la actividad de los científicos. Si este fuera el caso, entonces la concepción científica de Kuhn tendría poco valor como *teoría* de la ciencia. Una supuesta teoría de la ciencia basada solamente en la descripción estaría expuesta a algunas de las objeciones esgrimidas contra la concepción inductivista ingenua de cómo se llega a las teorías cientí-

⁹ *Ibid.*, p. 158.

ficas. A menos que la concepción descriptiva de la ciencia esté configurada por alguna teoría, no se ofrece ninguna guía con respecto a los tipos de actividades y productos de actividades que se han de describir. Concretamente, sería necesario que las actividades y producciones de los científicos de a pie se documentaran con tanto detalle como los logros de un Einstein o de un Galileo.

Sin embargo, constituye un error considerar que la idea que tiene Kuhn de la ciencia proviene únicamente de una descripción del trabajo de los científicos. Kuhn insiste en que su concepción constituye una teoría de la ciencia porque incluye una explicación de la *función* de sus diversos componentes. Según Kuhn, la ciencia normal y las revoluciones desempeñan funciones necesarias, de modo que la ciencia debe conllevar estas características o algunas otras que sirvan para efectuar las mismas funciones. Veamos cuáles son esas funciones según Kuhn.

Los períodos de ciencia normal proporcionan la oportunidad de que los científicos desarrollen los detalles esotéricos de una teoría. Trabajando dentro de un paradigma cuyos fundamentos se dan por sentados, son capaces de efectuar el duro trabajo teórico y experimental necesario para que el paradigma se compagine con la naturaleza en un grado cada vez mayor. Gracias a su confianza en la adecuación de un paradigma, los científicos pueden dedicar sus energías a intentar resolver los detallados problemas que se les presentan dentro del paradigma en vez de enzarzarse en disputas sobre la licitud de sus supuestos y métodos fundamentales. Es necesario que la ciencia normal sea en gran medida acrítica. Si todos los científicos criticaran todas las partes del marco conceptual en el que trabajan todo el tiempo, no se llevaría a cabo ningún trabajo detallado.

Si todos los científicos fueran y siguieran siendo científicos normales, una determinada ciencia se vería atrapada en un solo paradigma y nunca progresaría más allá de él. Desde el punto de vista kuhniano, este sería un grave defecto. Un paradigma entraña un determinado marco conceptual a través del cual se ve el mundo y en el cual se le describe, y un determinado conjunto de técnicas experi-

mentales y teóricas para hacer que el paradigma se compagine con la naturaleza. Pero no hay ninguna razón *a priori* para esperar que un paradigma sea perfecto o que sea el mejor del que se dispone. No hay procedimientos inductivos que permitan llegar a paradigmas perfectamente adecuados. En consecuencia, la ciencia debe contener dentro de sí la manera de pasar de un paradigma a otro mejor. Esta es la función que cumplen las revoluciones. Todos los paradigmas serán inadecuados en alguna medida por lo que se refiere a su compaginación con la naturaleza. Cuando la falta de compaginación es seria, esto es, cuando se desarrolla una crisis, el paso revolucionario de reemplazar todo el paradigma por otro resulta esencial para el progreso efectivo de la ciencia.

La alternativa de Kuhn al progreso acumulativo que es la característica de las concepciones inductivistas de la ciencia es el progreso a través de las revoluciones. Según los inductivistas, el conocimiento científico aumenta continuamente a medida que se hacen observaciones más numerosas y más variadas, permitiendo que se formen nuevos conceptos, que se refinan los viejos y que se descubran entre ellos nuevas y justas relaciones. Desde el particular punto de vista de Kuhn, eso es un error, porque ignora el papel que desempeñan los paradigmas guiando la observación y la experimentación. Es precisamente porque los paradigmas tienen esa influencia persuasiva sobre la ciencia que en ellos se practica por lo que su reemplazo por otro debe ser revolucionario.

En la explicación de Kuhn se tiene en cuenta otra función que es digna de mención. Los paradigmas de Kuhn no son tan precisos como para poder ser reemplazados por un conjunto explícito de reglas, como se dijo anteriormente. Los diferentes científicos o grupos de científicos bien pueden interpretar y aplicar el paradigma de un modo algo diferente. Enfrentados a la misma situación, no todos los científicos tomarán la misma decisión ni adoptarán la misma estrategia. Eso tiene la ventaja de que se multiplicará el número de estrategias intentadas. Así, los riesgos se distribuyen por toda la comunidad científica y las probabilidades de tener éxito a largo plazo aumentan. «¿De qué otro

modo», se pregunta Kuhn, «podría el grupo en su totalidad cubrir sus apuestas?»¹⁰.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

Por supuesto, la principal obra de Kuhn es *The structure of scientific revolutions*. La edición de 1970 (Chicago, Chicago University Press) contiene una *Posdata* en la que se afinan y modifican en cierta medida sus opiniones. La modificación que introduce Kuhn en su idea original de paradigma se analiza con más detalle en «Second thoughts on paradigms», en *The structure of scientific theories*, compilado por F. Suppe (Urbana, University of Illinois Press, 1973), pp. 459-82. *Criticism and the growth of knowledge*, compilado por I. Lakatos y A. Musgrave (Cambridge, Cambridge University Press, 1974) contiene artículos que suponen un enfrentamiento entre los enfoques popperiano y kuhniano de la ciencia. Kuhn compara sus opiniones con las de Popper en «Logic of discovery or psychology of research?», páginas 1-23, y replica a sus críticos popperianos en «Reflections on my critics», pp. 231-78. Hay una recopilación más reciente de ensayos de Kuhn: *The essential tension: selected studies in scientific tradition and change*, Chicago, Chicago University Press, 1977. La medida en que la postura de Kuhn es fundamentalmente sociológica resulta muy evidente en su «Comment [on the relation between science and art]», *Comparative Studies in Society and History*, 11, 1969, pp. 403-12. D. Bloor defiende a Kuhn contra Lakatos en «Two paradigms of scientific knowledge?», *Science Studies*, 1, 1971, pp. 101-15. Para un intento de axiomatizar la concepción científica de Kuhn (!) por parte de J. Sneed y un análisis de dicho intento por parte de Kuhn y W. Stegmüller, véanse las Actas del 5.º Congreso Internacional de Lógica, Metodología y Filosofía de la Ciencia en Londres, Ontario, agosto-septiembre de 1975.

¹⁰ I. Lakatos y A. Musgrave, comps., *Criticism and the growth of knowledge*, Cambridge, Cambridge University Press, 1974.

14. REALISMO NO REPRESENTATIVO

I. LA RELACION ENTRE LAS TEORIAS Y SUS SUCESORAS

En el capítulo anterior critiqué las concepciones instrumentalistas de la física y también aquellas concepciones realistas que conllevan una teoría de la verdad como correspondencia. Ahora me toca a mí sugerir una alternativa viable. Como preliminar a esta tarea, en esta sección diré algo más acerca de la relación entre las teorías suplantadas y las que las reemplazan como consecuencia de un cambio revolucionario. Será conveniente centrar la atención una vez más en la relación entre la teoría de Newton y la de Einstein, que es el ejemplo favorito de Kuhn y Feyerabend para ilustrar lo que ellos llaman inconmensurabilidad.

Como he subrayado anteriormente, la descripción del mundo implícita en la teoría de Newton es muy diferente de la implícita en la teoría de Einstein. A la luz de la teoría de Einstein, la de Newton no corresponde a los hechos. Así pues, ¿qué explicación ha de dar el realista de la relación entre la teoría de Newton y el mundo y cómo ha de explicar el hecho de que tuviera tanto éxito como tuvo? En el capítulo anterior encontré una serie de razones por las que la concepción instrumentalista no vale. Me gustaría subrayar la importancia del argumento de Bhaskar a este respecto. Dado que los doscientos años largos de desarrollo de la física newtoniana implicaron de forma esencial una experimentación, no es posible hacer inteligible esta física y su éxito parcial definiéndola como un intento de establecer correlaciones entre hechos, observables o no¹. Por con-

¹ En la medida en que el instrumentalismo conlleva el supuesto de que la física ha de ser entendida como una ciencia que hace

siguiente, no es aceptable para un realista explicar la relación entre la teoría de Newton y el mundo diciendo que, si la teoría de Einstein corresponde a los hechos, habrá una serie de observaciones conformes con la teoría de Newton interpretadas instrumentalmente. Esto no hace justicia a la teoría de Newton ni hace inteligibles esos doscientos años de trabajo experimental en ella.

Un razonamiento relacionado con éste apunta en un sentido similar. Reconociendo que el marco conceptual de la teoría de Einstein es lo suficientemente diferente del de la teoría de Newton como para impedir que haya entre ellos relaciones estrictamente lógicas, es, sin embargo, posible argumentar que, si la teoría de Einstein es aplicable al mundo, la teoría de Newton lo es también aproximadamente en circunstancias muy diversas. Por ejemplo, se puede demostrar, dentro de la teoría de Einstein, que si la velocidad de un sistema con respecto a un conjunto de marcos de referencia es pequeña, entonces el valor de la masa del sistema será aproximadamente el mismo, cualquiera que sea el marco de referencia en el conjunto evaluado con referencia a aquél. Por consiguiente, dentro de este conjunto de marcos de referencia no nos equivocaremos mucho si tratamos la masa como una propiedad y no como una relación. De forma similar, en las mismas condiciones se puede demostrar, dentro de la teoría de Einstein, que si tratamos la masa como una propiedad entonces, dentro de un marco determinado de referencia perteneciente al conjunto, la suma del producto de la masa y la velocidad para cada parte del sistema permanecerá constante con un alto grado de aproximación. Esto es, desde el punto de vista de la teoría de Einstein podemos demostrar que la ley newtoniana de la conservación del impulso será aproximadamente válida siempre que las velocidades no sean demasiado grandes².

afirmaciones acerca de las relaciones entre acontecimientos observables, es un caso especial de la postura aquí rechazada.

² El hecho de que las dos teorías sean lógicamente inconmensurables, y el hecho de que los significados de términos como masa sean diferentes en las dos teorías, no plantea un problema especial

Una vez más, nos vemos obligados a sacar la conclusión de que la teoría de Newton no puede ser debidamente descrita en términos instrumentalistas. Por otra parte, tampoco puede ser concebida en términos típicamente realistas, dado que, desde el punto de vista de la teoría de Einstein, no corresponde a los hechos³.

II. REALISMO NO REPRESENTATIVO

El mundo físico está constituido de tal forma que la teoría de Newton es aproximadamente aplicable a él en circunstancias muy diversas. A la luz de la teoría de Einstein se puede entender hasta qué punto esto es así. La validez aproximada de la teoría de Newton ha de ser comprobada en condiciones experimentales, aun cuando, si el mundo está constituido de tal forma que la teoría de Newton es aplicable a él, continuará estándolo independientemente de las situaciones experimentales. La teoría de Newton no puede ser concebida como una teoría que corresponde a los hechos, pero su aplicabilidad al mundo debe ser entendida en un sentido más lato del que le da el instrumentalismo. Creo que un realista que suscriba la teoría de la verdad como correspondencia debe aceptar todos estos comentarios sobre el estatus de la teoría de Newton. Dada ésta, y dadas las dificultades asociadas a la teoría de la verdad

para el tipo de comparación entre teorías que he esbozado. El hecho de que haya una serie de situaciones a las cuales se pretende que son aplicables ambas teorías (como el sistema solar o el movimiento de las partículas con carga en un tubo de descarga) está garantizado por la forma en que la teoría de Einstein surgió como respuesta a los problemas de la teoría newtoniana conjuntamente con la electrodinámica clásica. Establecer la interpretación de las teorías y las formas en que pueden ser comparadas es un problema práctico e histórico y no un problema puramente lógico.

³ Este punto relativo a la falta de correspondencia puede ser puesto de relieve mediante otros ejemplos. Desde el punto de vista de la física moderna, no hay nada en el mundo que corresponda a las partículas de luz newtonianas, ni tampoco un electrón que posea una individualidad, un tamaño y una forma bien definidos, y una localización o trayectoria.

como correspondencia que analizamos en la sección anterior, el camino que lleva a mi propia postura es bastante recto. Implica tratar a todas las teorías físicas del mismo modo que el análisis anterior nos ha conducido a tratar la teoría de Newton.

Desde el punto de vista que deseo defender, el mundo físico está constituido de tal forma que nuestras teorías físicas actuales son aplicables a él en algún grado y, en general, en un grado que excede en muchos aspectos al de sus predecesores⁴. La finalidad de la física será establecer los límites de la aplicabilidad de las teorías actuales y desarrollar teorías que sean aplicables al mundo con un mayor grado de aproximación en las circunstancias más diversas. Llamaré a este punto de vista *realismo no representativo*.

El realismo no representativo es *realista* en dos sentidos. En primer lugar, parte del supuesto de que el mundo físico es como es independientemente de nuestros conocimientos sobre él. El mundo es como es sea lo que fuere lo que los individuos o grupos de individuos piensen sobre el asunto. En segundo lugar, es *realista* porque parte del supuesto de que, en la medida en que las teorías son aplicables al mundo, lo son siempre, dentro y fuera de las situaciones experimentales. Las teorías físicas hacen algo más que establecer correlaciones entre conjuntos de enunciados observacionales. El realismo no representativo *no es representativo* en la medida en que no conlleva una teoría de la verdad como correspondencia. El *realista no representativo* no supone que las teorías describan entidades del mundo, tales como ondas, funciones o campos, en la forma en que nuestras ideas propias del sentido común entienden o nuestro lenguaje describe las mesas y los gatos. Podemos juzgar nuestras teorías desde un punto de vista como el grado en que abordan con éxito algún aspecto del mundo, pero no po-

⁴ No pretendo afirmar que una teoría deba demostrar ser superior a su predecesora en *todos* los aspectos. Es posible, por ejemplo, que no todos los éxitos de la teoría de Newton puedan ser alcanzados por la mecánica cuántica. Admitir esto no plantea especiales problemas a mi postura, aunque podría plantearlos a quienes ven la verdad como la finalidad de la ciencia.

demo juzgarlas desde un punto de vista como el grado en que describen el mundo tal como realmente es, simplemente porque no tenemos acceso al mundo independientemente de nuestras teorías de una forma que nos permita valorar la exactitud de tales descripciones. Esto choca con nuestras nociones propias del sentido común, según las cuales cuando se habla de gatos y mesas se incluye lo que se considera como descripciones de tales cosas. Sin embargo, me gustaría recordar a estos defensores de la aplicabilidad a la física de la teoría de la verdad como correspondencia que también ellos están obligados a hacer inteligible lo que decía Newton acerca de las partículas de luz y acerca de la masa concebida como una propiedad, lo que decía Maxwell acerca del éter y lo que decía Schrodinger acerca de las funciones de ondas.

Dado que implica el rechazo de la verdad como correspondencia con los hechos, el realismo no representativo evita las dificultades con que tropiezan las posturas realistas típicas. El hecho de que una serie de teorías en física, tales como las sucesivas teorías acerca de la luz, no puedan ser concebidas como *descripciones* cada vez más precisas de la realidad no plantea ningún problema. Tampoco lo plantea el hecho de que haya formulaciones muy diferentes y posiblemente equivalentes de la misma teoría que impliquen «cuadros» muy diferentes de la realidad. El realismo no representativo es también más compatible que las tesis realistas habituales con el hecho de que nuestras teorías son productos sociales sujetos a un cambio radical. Nuestras teorías son un tipo especial de producto social, aunque no esté socialmente determinado el grado en que son capaces de abordar el mundo físico, que no es un producto social.

El realismo no representativo no es vulnerable a las objeciones habituales que se hacen al instrumentalismo. No implica un uso cuestionable de la distinción entre términos teóricos y términos observacionales. De hecho, en la medida en que el realismo no representativo considera como parte integrante de él el papel del experimento, tiene un sentido en el que las pruebas empíricas que sirven de base

a las teorías dependen de ésta⁵. Las nuevas predicciones acertadas, que plantean un problema al instrumentalismo, son explicables desde el punto de vista del realismo no representativo. Si el mundo está constituido de tal forma que nuestras teorías físicas son aplicables a él, entonces haremos nuevos descubrimientos cuando investiguemos su aplicabilidad a nuevos dominios⁶. Otro argumento a menudo aducido contra el instrumentalismo es que la actitud de éste hacia la física es conservadora e impide el progreso. Descarta toda especulación potencialmente productiva acerca de entidades teóricas. El realismo no representativo no puede ser objeto de este tipo de críticas. Según él, es necesario determinar el campo de aplicabilidad de las teorías sometiéndolas a toda una serie de pruebas. Y, lo que es más, reconoce que como mejor se puede averiguar el campo de aplicabilidad de una teoría es a la luz de una teoría posterior que la explique a un nivel más profundo. A este respecto, es más susceptible de conducir a un constante desarrollo que un punto de vista que considera que la finalidad de la física es una cosa llamada verdad. Desde el punto de vista del realista no representativo, el desarrollo de la física no tiene fin. Por grande que sea el campo de nuestras teorías, y por profundamente que exploren la estructura del mundo, siempre quedará la posibilidad de desarrollarlas a un nivel más profundo, o en frentes nuevos o más amplios.

III. ¿QUE ES ESA COSA LLAMADA CIENCIA?

Mi descripción del realismo no representativo en términos de la aplicabilidad de las teorías al mundo, o de su capa-

⁵ Véase a este respecto la sección IV del capítulo 3.

⁶ Una vez más, vale la pena señalar que los defensores del realismo que recurren a la teoría de la verdad como correspondencia deben explicar cómo es que teorías suplantadas, como la de Newton, pudieron hacer predicciones acertadas aun cuando, estrictamente hablando, no correspondieran a los hechos. Sospecho que, al hacerlo, se verán obligados a adoptar una concepción similar a aquella por la que he abogado para todas las teorías físicas.

cidad de abordar el mundo, podría muy bien ser cuestionada sobre la base de que es demasiado vaga. Mi respuesta a esta acusación es, por una parte, admitir que mi explicación es vaga, pero, por otra, insistir en que esto no es un punto débil, sino un punto fuerte de mi postura. La forma en que somos capaces de teorizar acerca del mundo es algo que tenemos que descubrir y no algo que podamos establecer de antemano mediante un argumento filosófico. Galileo descubrió que es posible abordar algunos aspectos del mundo físico mediante una teoría matemática del movimiento. Las teorías de Newton diferían de las de Galileo en aspectos importantes, mientras que la mecánica cuántica aborda el mundo en una forma fundamentalmente diferente a la física clásica, y ¿quién sabe lo que reserva el futuro? Ciertamente no los filósofos de la ciencia. Cualquier explicación de la relación entre teorías de la física y el mundo del que estas teorías pretenden tratar debería estar planteada de tal forma que no descartara un futuro desarrollo. Por consiguiente, es esencial un cierto grado de vaguedad.

Mi explicación de la relación entre las teorías de la física y el mundo se inspira en dos rasgos muy generales de la física desde Galileo. Uno es que la física implica experimentación, lo que me sirve de base para rechazar el instrumentalismo. El otro es el hecho de que la física ha experimentado cambios revolucionarios, factor que constituye parte del fundamento de mi crítica a la aplicación de la teoría de la verdad como correspondencia a la física. Ciertamente se pueden añadir más detalles si se quiere describir con más precisión estos doscientos años de física. Podemos decir que la física implica generalizaciones universales formuladas en términos matemáticos, que los sistemas de teorías forman algo así como los programas de investigación lakatosianos y que su desarrollo se ha producido de conformidad con la concepción objetivista del cambio presentada en el capítulo 11. De esta forma podemos dar una respuesta a la pregunta: «¿Qué es esa cosa llamada física?». Sin embargo, no podemos estar seguros de que la física no sufrirá cambios drásticos en el futuro. Ya se ha señalado que la mecánica cuántica moderna difiere de

la física clásica en algunos aspectos fundamentales, y también se ha sugerido que el carácter de la física puede estar cambiando debido a los cambios sociales que acompañan al desarrollo del capitalismo monopolista.

Gran parte de la argumentación de este libro ha consistido en formular concepciones acerca del tipo de cosa que llamamos física y demostrarlas confrontándolas con la física actual. A raíz de esto, creo que la cuestión que da título a este libro es engañosa y presuntuosa. Presupone que hay una sola categoría de «ciencia» e implica que diversas áreas del conocimiento, como la física, la biología, la historia, la sociología, etc., entran o no dentro de esta categoría. No sé cómo se puede establecer o defender una descripción tan general de la ciencia. Los filósofos no tienen recursos que les permitan fijar los criterios que deben ser satisfechos para que un área del conocimiento sea considerada aceptable o «científica». Toda área del conocimiento puede ser analizada por lo que es. Es decir, podemos investigar cuáles son sus fines, los cuales pueden ser diferentes de los que comúnmente se piensa que son o de cómo comúnmente son presentados, y podemos investigar los medios utilizados para cumplir dichos fines y el grado de éxito logrado. De esto no se desprende que no se pueda criticar ningún área del conocimiento. Podemos intentar criticar cualquier área del conocimiento criticando sus fines, criticando la adecuación de los métodos utilizados para alcanzar esos fines, confrontándola con un medio alternativo y superior de alcanzar esos mismos fines, etc. Desde este punto de vista, no necesitamos una categoría de «ciencia» con respecto a la cual un área del conocimiento pueda ser aclamada como ciencia o denigrada como no ciencia.

IV. EL RELATIVISMO EN PERSPECTIVA

Algunas de mis observaciones de la sección anterior tienen un tinte relativista. En esta sección examinaré aquellos aspectos en los que mi postura tiene un carácter relativista y aquellos aspectos en que no lo tiene.

Si hablamos de las formas en que las teorías pueden ser valoradas o juzgadas, entonces mi postura es relativista en el sentido de que niego que haya un criterio absoluto con respecto al cual se puedan emitir esos juicios. En particular, no hay una categoría general de «ciencia», ni tampoco un concepto de verdad que esté a la altura del proyecto de describir a la ciencia como una búsqueda de la verdad. Toda área del conocimiento ha de ser juzgada por sus propios méritos, investigando sus fines y el grado en que es capaz de cumplirlos. Además, los juicios sobre los fines estarán a su vez relacionados con la situación social. Los juicios sobre los fines de una rama abstrusa de la lógica matemática o la filosofía analítica, en términos del placer estético que ofrece a los participantes, pueden tener una importancia considerable para una clase privilegiada de una sociedad opulenta, pero poca para una clase oprimida de un país del Tercer Mundo. Los fines del control tecnológico sobre la naturaleza son de gran importancia en una sociedad en la que unos problemas sociales muy urgentes requieren un incremento del control tecnológico, pero serán de menor importancia en nuestra sociedad, en la que al parecer los problemas sociales más urgentes no se verían aliviados sino exacerbados por nuevos avances en el control tecnológico.

Esta referencia a los *juicios* sobre el estatus de las áreas del conocimiento pierde significado a la luz de los aspectos no relativistas de mi postura. El lado objetivista de mi postura hace hincapié en que en la sociedad los individuos se enfrentan a una situación social que tiene ciertos rasgos, les guste o no o sean o no conscientes de ella, y tienen a su disposición una serie de medios para cambiar la situación, les guste o no. Además, cualquier acción que se emprenda para cambiar la situación tendrá consecuencias que dependerán del carácter objetivo de la situación y podrán diferir notablemente de las intenciones del actor. De forma similar, en el campo del conocimiento, los individuos se enfrentan a una situación objetiva y a una serie de métodos y materiales teóricos que están a su disposición para contribuir a cambiar la situación. Una teoría puede, por supues-

to, alcanzar ciertos fines mejor que otra, y los juicios de los individuos y grupos acerca del asunto pueden estar equivocados.

Desde este punto de vista, los juicios emitidos por los individuos acerca del carácter y los méritos de las teorías son menos significativos de lo que frecuentemente se supone. Mi concepción objetivista del cambio de teoría estaba destinada a mostrar cómo se puede explicar el desarrollo de doscientos años de física de una forma que no dependa crucialmente de los juicios metodológicos de los individuos o grupos. Los fines no tienen por qué ser analizados en términos de las aspiraciones de los individuos o grupos. Tomemos, por ejemplo, el fin de incrementar el control tecnológico sobre la naturaleza. Este fin tiene un mayor significado en las sociedades capitalistas que en las sociedades feudales a las que aquéllas reemplazaron. Dentro de una economía capitalista, el incremento del control tecnológico es una necesidad, en la medida en que los capitalistas que no lo consiguen son arrojados del mercado por los que sí lo consiguen, y por consiguiente quiebran. La situación no era la misma en la sociedad feudal. Las comunidades formadas en torno a los señoríos no se veían obligadas por la naturaleza del sistema económico a competir de esta forma. Una comunidad feudal que no consiguiera igualar los avances tecnológicos de sus vecinas no quebraría, sino que simplemente tendría un nivel de vida más bajo. Cuando hablamos de los fines no nos referimos a los juicios o valores de los individuos afectados.

Con todo esto no se pretende sugerir que los juicios de los individuos carezcan de importancia, ya sea en el campo del cambio teórico o en el del cambio social. En cualquiera de los dos casos, todo cambio que se produzca se producirá únicamente como resultado de las acciones de los individuos o grupos de individuos, y las acciones que los individuos emprendan estarán claramente influenciadas por sus juicios sobre la situación a la que se enfrentan y por su interpretación de los fines. Sin embargo, lo que he dicho sí sugiere que el cambio teórico o el cambio social no debe-

rían ser entendidos exclusivamente, o incluso primordialmente, como el resultado de los juicios humanos.

Considerando que las teorías de la física en una determinada fase de su desarrollo son como son, y que el mundo físico es como es, esas teorías son capaces de abordar el mundo con un cierto éxito, juzguen correctamente o no la situación los individuos o grupos. El hecho de que la física haya existido y sobrevivido en la sociedad occidental y haya progresado, al menos hasta hace poco, en la forma descrita por mi concepción objetivista del cambio de teoría, ha de ser explicado en términos de la relación entre la naturaleza objetiva de la física y la naturaleza objetiva de la sociedad occidental. La descripción de la sociedad occidental incluirá una explicación de cómo las personas que viven en esta sociedad se ven a sí mismas y ven a la sociedad, y, más específicamente, incluirá una descripción de las actitudes típicas hacia la física. Pero la consideración de las actitudes típicas hacia la física no será el único factor que explique la supervivencia y el desarrollo de la sociedad, del mismo modo que estas actitudes no pueden ser consideradas como primitivas y no explicables por referencia a alguna causa social subyacente.

El lado objetivista de mis observaciones se opone a las versiones radicales del relativismo, según las cuales una teoría es tan buena como cualquier otra, que todo es cuestión de gustos o de deseos subjetivos, como ha sugerido Feyerabend en momentos de descuido. Desde un punto de vista realista, interpretado en un sentido lato, el motivo de las teorías es intentar abordar algún aspecto del mundo. Esto contrasta con el punto de vista que parece estar implícito en algunas concepciones relativistas: que el motivo de desarrollar una teoría es convencer a los demás de que la nuestra es la correcta.

V. ¿POR QUE MOLESTARSE?

En esta sección final del libro es conveniente afrontar la cuestión de cuál es su motivo. ¿Por qué molestarse en rea-

lizar investigaciones como las que se pueden encontrar en las páginas anteriores? La importancia de la cuestión se pone de manifiesto cuando se admite, como yo he hecho, que la filosofía o la metodología de la ciencia no son de ninguna ayuda para los científicos.

Retrospectivamente, sugiero que la función más importante de mi investigación es combatir lo que podríamos llamar la *ideología de la ciencia* tal como funciona en nuestra sociedad. Esta ideología implica el uso del dudoso concepto de ciencia y el igualmente dudoso concepto de verdad que a menudo va asociado con él, normalmente en defensa de posturas conservadoras. Por ejemplo, veamos cómo se defiende en nombre de la ciencia el tipo de psicología conductista que fomenta el trato de las personas como máquinas y el uso extensivo de los resultados de los estudios sobre CI en nuestro sistema educativo. Conjuntos de conocimientos como éstos son defendidos a partir de la afirmación o el supuesto de que han sido adquiridos por medio de un «método científico» y, por consiguiente, deben tener algún mérito. No es sólo la derecha la que usa las categorías de ciencia y método científico de esta forma. Es frecuente ver a marxistas usarlas para defender la afirmación de que el materialismo histórico es una ciencia. Las categorías generales de ciencia y método científico son utilizadas también para descartar o suprimir áreas de estudio. Por ejemplo, Popper arremete contra el marxismo y la psicología adleriana sobre la base de que no se ajustan a su metodología falsacionista, mientras que Lakatos apela a su metodología de los programas de investigación científica para arremeter contra el marxismo, la sociología contemporánea y otra contaminación intelectual.

Como estará claro a estas alturas, mi punto de vista es que no hay una concepción intemporal y universal de la ciencia o del método científico que pueda servir a los fines ejemplificados en el párrafo anterior. No tenemos recursos para llegar a tales nociones y defenderlas. No es lícito defender o rechazar áreas de conocimiento porque no se ajustan a algún criterio prefabricado de científicidad. El progreso es algo más complejo que esto. Si, por ejemplo, que-

remos tomar una postura sobre alguna versión del marxismo con conocimiento de causa, debemos investigar cuáles son sus fines, qué métodos emplea para conseguir estos fines, en qué medida se han alcanzado estos fines y qué fuerzas o factores determinan su desarrollo. Entonces estaríamos en condiciones de valorar la versión del marxismo en términos de la deseabilidad de lo que pretende, la medida en que sus métodos permiten alcanzar sus fines y los intereses a los que sirve.

Aunque uno de los objetivos de mi libro es impedir los usos ilícitos de las categorías de ciencia y método científico, espero también que contribuya a contrarrestar las reacciones individualistas o relativistas radicales contra la ideología de la ciencia. No se trata de que un punto de vista sea tan bueno como cualquier otro. Si se quiere cambiar una situación de una forma controlada, ya implique la situación el estado de desarrollo de una rama del conocimiento o el estado de desarrollo de un aspecto de la sociedad, como mejor se logrará esto será comprendiendo la situación y dominando los medios disponibles para cambiarla. Esto normalmente implicará una cooperación. La política de «todo vale», interpretada en un sentido más general del que Feyerabend probablemente pretendía darle, ha de ser rechazada por su impotencia. Para citar una vez más a John Krige, «*todo vale...* significa que, en la práctica, *todo sigue igual*».