

RESUMEN DEL LIBRO “¿QUÉ ES ESA COSA LLAMADA CIENCIA?” DE A. CHALMERS

1. LA CIENCIA COMO CONOCIMIENTO DERIVADO DE LOS HECHOS DE LA EXPERIENCIA

Opinión de sentido común sobre la ciencia

Según la concepción popular, lo distintivo del conocimiento científico es que **la ciencia se deriva de los hechos**. Sin estar del todo descaminada, parte de lo que implica esta idea no puede sostenerse, por lo que la someteremos a crítica e intentaremos formular una versión defendible.

Según esta concepción, la ciencia ha de basarse en lo que podemos ver, oír y tocar y no en opiniones personales o en la imaginación especulativa. Si observamos el mundo cuidadosamente y sin prejuicios, los hechos así establecidos constituirán una base segura y objetiva para la ciencia. Si, además, el razonamiento que nos conduce desde esta base fáctica a las leyes y teorías que forman el conocimiento científico es correcto, dicho conocimiento también será seguro y objetivo. Se dice que históricamente la ciencia moderna nació a comienzos del siglo XVII al adoptarse por primera vez la estrategia de tomar en serio los hechos observacionales como base de la ciencia (con pioneros como Galileo), en lugar de confiar en la autoridad.

Empiristas y positivistas forman las dos escuelas que han intentado formalizar esta visión común de la ciencia. Los empiristas ingleses de los siglos XVII y XVIII, en particular Locke, Berkeley y Hume, sostenían que todo el conocimiento debía derivarse de ideas implantadas en la mente por medio de la percepción sensorial. Los positivistas compartían básicamente esa opinión, aunque tenían una visión algo más amplia y menos orientada hacia lo psicológico de lo que significan los hechos. El **positivismo lógico**, escuela filosófica que se originó en Viena en los años veinte del siglo XX, retomó el positivismo introducido por Comte en el siglo XIX e intentó formalizarlo, prestando especial atención a la forma lógica de la relación entre conocimiento científico y hechos.

Hay dos aspectos distintos en la afirmación de que la ciencia se deriva de los hechos. Uno se refiere a la **naturaleza de esos hechos** y a cómo se obtienen. El segundo, a **cómo se deducen de los hechos las leyes y teorías** que constituyen el conocimiento. Empezamos abordando el primero.

Se pueden distinguir **tres componentes** en la postura adoptada por esta visión común respecto de los hechos que se supone son la base de la ciencia:

- a) Los hechos se dan directamente a través de los sentidos a los observadores cuidadosos y desprejuiciados.
- b) Los hechos son anteriores a la teoría e independientes de ella.
- c) Los hechos constituyen un fundamento firme y confiable para el conocimiento científico.

Cada una de estas afirmaciones tropieza con dificultades y sólo puede aceptarse con matices.

Experiencias visuales que no están determinadas sólo por el objeto visto

Restringiré mi análisis de la observación al dominio de la vista, aunque normalmente será extensible a los otros. La explicación que ofrece la visión común de la ciencia comporta dos cosas. Primera, que un observador humano tiene un acceso más o menos directo al mundo exterior en la medida en que el cerebro lo registra en el acto de ver. Segunda, que dos observadores que vean el mismo objeto o escena desde el mismo lugar “verán” lo mismo. En su expresión más fuerte, la opinión común mantiene que **los hechos del mundo exterior nos son dados directamente** a través del sentido de la vista. Basta con ponerse frente al mundo y registrar lo que hay en él.

En realidad, hay pruebas de que **esto no es así**. Dos observadores normales que vean el mismo objeto desde el mismo lugar y en las mismas circunstancias no tienen necesariamente idénticas experiencias visuales, aunque las imágenes en sus respectivas retinas sean prácticamente idénticas (ejemplo son esas imágenes trucadas que pueden interpretarse de dos maneras distintas). Las experiencias subjetivas no están determinadas exclusivamente por las imágenes formadas en la retina, sino que dependen también de **la experiencia, el conocimiento y las expectativas del observador**. Este aspecto está implícito en la constatación de la **necesidad de formarse** para llegar a ser un observador competente en ciencia (por ejemplo, para interpretar una radiografía).

Podría alegarse que esos observadores que ven la misma escena desde el mismo lugar ven lo mismo, pero lo interpretan de diferente modo. Sin embargo, la situación física solo determina unívocamente la imagen formada en la retina del observador, con la que éste no tiene en realidad contacto perceptual directo. Solo tiene contacto con sus experiencias, y estas experiencias **cambian** con las expectativas y el conocimiento.

No afirmo que las causas físicas de las imágenes en nuestras retinas no tengan relación con lo que vemos: no vemos lo que queremos. Sin embargo, aunque esas imágenes formen parte de la causa de lo que vemos, otra parte la constituye el estado interno de nuestras mentes o cerebros. No obstante, lo que vemos en diversas situaciones sigue siendo **bastante estable**: la dependencia entre lo que vemos y el estado de nuestras mentes no es tanta como para hacer imposible la comunicación y la ciencia. Yo acepto que existe un solo y único mundo **independiente de los observadores**. De ahí que, cuando varios observadores miran algo, en cierto sentido todos ellos miran la misma cosa y, por tanto, ven la misma cosa. Pero de esto no se sigue que tengan experiencias perceptuales idénticas.

Los hechos observables expresados como enunciados

El significado del término "hechos" es ambiguo. Se puede referir tanto al **enunciado** que expresa el hecho como al **estado de cosas** al que alude el enunciado. Esta segunda acepción es la apropiada cuando se dice que la ciencia se basa en los hechos. Además de distinguir los hechos como enunciados de los estados de cosas descritos por dichos enunciados, es necesario diferenciar los enunciados de hechos de las percepciones que puedan dar lugar a que tales enunciados se acepten como hechos.

Aclarado todo esto, las afirmaciones a), b) y c) acerca de la naturaleza de los hechos parecen problemáticas. Dado que los hechos que podrían constituir una base adecuada para la ciencia deben tener la forma de enunciados, parece errónea la afirmación de que los hechos se dan directamente por medio de los sentidos, pues, aunque las percepciones se dieran, no es el caso de los enunciados que describen estados de cosas observables (**enunciados observacionales**). Para que un observador pueda formular un enunciado observacional, debe estar en posesión del entramado conceptual apropiado y aplicarlo adecuadamente. En este sentido, los componentes a) y b) no se pueden aceptar. Los enunciados de hechos no se determinan directamente por estímulos sensoriales y los enunciados observacionales presuponen un conocimiento, de manera que **no puede ser verdad que establezcamos primero los hechos y después derivemos de ellos el conocimiento**.

Falibilidad de los enunciados observacionales

Así pues, conviene abandonar la exigencia de que la adquisición de datos preceda a la formulación de las leyes y teorías que constituyen el conocimiento científico. No obstante, la idea de que el conocimiento debe basarse en hechos confirmados por la observación no se resiente por reconocer que la formulación de los enunciados que describen dichos hechos depende del conocimiento. Si resulta posible establecer directamente la verdad o falsedad de los enunciados observacionales en la observación, los enunciados observacionales así confirmados proporcionarían una base fáctica significativa para el conocimiento científico (componente c)).

Sin embargo, hemos visto que observadores diferentes no tienen necesariamente las mismas percepciones al ver la misma escena, y ello puede conducir a desacuerdos acerca de los estados de cosas observables. Otras dificultades surgen de las maneras en que se recurre al conocimiento presupuesto para estimar la idoneidad de los enunciados observacionales y que pueden hacer que éstos sean falibles. Por ejemplo, si el conocimiento que proporcionan las categorías que usamos para describir las observaciones es defectuoso, también lo serán los enunciados observacionales que se apoyan en estas categorías (hasta el siglo XVII, sin idea de inercia, la observación confirmaba que la Tierra era estacionaria). **Los hechos, al igual que el conocimiento, son falibles y están sujetos a corrección** (por ejemplo, por avances tecnológicos, como en el caso del esperable cambio de tamaño de Venus en el sistema copernicano, no discernible a simple vista, pero sí con el telescopio de Galileo), y el conocimiento científico y los hechos sobre los que se basa son interdependientes.

Así pues, los dos tipos de dificultad mencionados (influencia de los conocimientos previos tanto en las percepciones del observador como en la apreciación de los enunciados observacionales) sugieren que la base observable de la ciencia no es tan directa y segura como se ha supuesto. Trataré a continuación de matizar estas dificultades.

2. LA OBSERVACIÓN COMO INTERVENCIÓN PRÁCTICA

La observación: pasiva y privada o activa y pública

Algunos filósofos entienden la observación como un asunto pasivo y privado, pero está lejos de serlo. Como podrían contarnos los psicólogos, para establecer la validez de una percepción hay bastantes cosas que **se hacen**, muchas de ellas automáticamente. Este punto es importante en relación con el papel que desempeña la observación en la ciencia. Un ejemplo tomado de los primeros usos del microscopio: Robert Hooke explicó detalladamente qué medidas convenía adoptar para verificar la autenticidad de la imagen microscópica, y los procedimientos que recomendó los podía aplicar cualquiera. Los hechos observables resultantes acerca de la estructura del ojo de una mosca suceden dentro de un proceso que es a la vez activo y público. Ya vimos que **las percepciones** de la misma escena **pueden variar de un observador a otro**, dependiendo de su formación, cultura y expectativas, pero los problemas resultantes pueden ser contrarrestados ejecutando **las acciones apropiadas**, y ese es el reto en la ciencia. Ejemplo: la ilusión lunar (la Luna parece más grande cuanto más cerca está del horizonte) desaparece mediante un dispositivo que permita medir el ángulo subtendido por la Luna. O el dispositivo que permitía a Galileo medir la distancia al planeta de las lunas de Júpiter y “objetivizar” así su observación. Su veracidad fue pronto aceptada por los demás observadores.

Los hechos observables son objetivos, pero falibles

Nueva definición de hecho observable teniendo en cuenta las críticas formuladas: un enunciado observacional constituye un hecho digno de formar parte de la ciencia si puede ser **probado directamente por los sentidos** (su validez puede demostrarse de manera rutinaria y por procedimientos objetivos que no requieran juicios refinados y subjetivos por parte del observador) **y superar las comprobaciones** (para destacar el carácter activo y público de los enunciados observacionales). Hay que pagar un pequeño precio por esa nueva definición: los hechos observables son **falibles** en cierto grado y están **sujetos a revisión** a la luz de los adelantos en el conocimiento y en la tecnología.

Así pues, las observaciones capaces de constituir la base del conocimiento científico son **a la vez objetivas** (pueden ser comprobadas públicamente por procedimientos directos), **y falibles** (pueden ser desechadas por tipos nuevos de pruebas debidos a los adelantos en la ciencia y la tecnología). Ejemplo: Galileo tomaba por cierto el tamaño aparente de una estrella. Sus observaciones eran objetivas en el sentido de que

implicaban procedimientos rutinarios que, si se repitieran hoy, darían más o menos los mismos resultados. Pero ahora sabemos que ese tamaño aparente no era real y tiene otras causas.

3. EL EXPERIMENTO

No sólo hechos, sino los hechos pertinentes

En cualquier caso, lo que se necesita en la ciencia no es simplemente hechos, sino **hechos pertinentes**. La inmensa mayoría de los hechos que se pueden establecer por observación no tienen interés para la ciencia, y cuáles lo tengan dependerá de su estado de desarrollo en cada momento. La ciencia plantea una cuestión e, idealmente, la observación proporcionará una respuesta.

No obstante, en el mundo que nos rodea existen muchos procesos que se superponen e interaccionan de maneras complejas. Para recoger hechos relevantes suele ser necesaria una intervención que aísle el proceso que se investiga y elimine los efectos de los otros: es necesario **hacer experimentos**. Si hay hechos que constituyen la base de la ciencia, se darán en forma de resultados experimentales, más que de hechos observables. Ahora bien, los resultados experimentales no son dados directamente. Como todo experimentador sabe, no es fácil conseguir que un experimento funcione. Los resultados experimentales se logran con esfuerzo y establecerlos implica un considerable saber, mucha práctica de ensayo y error, y la explotación de la tecnología disponible. Tampoco son sencillos los juicios acerca de la idoneidad de los resultados experimentales. Los experimentos son adecuados y revelan o miden lo que se pretende sólo si su montaje es apropiado y se eliminan los factores perturbadores. Además, los resultados experimentales están imbricados con la teoría, y pueden ser erróneos si lo es el conocimiento que los sustenta.

La transformación del fundamento experimental de la ciencia: ejemplos históricos

Los resultados experimentales son falibles, y pueden ser reemplazados por causas bastante simples: avances en la tecnología, adelantos en la comprensión (que hacen que cierto montaje experimental parezca ahora inadecuado) y cambios en el conocimiento teórico que los hace irrelevantes.

Ejemplos históricos: Hertz concluyó, como resultado de sus experimentos hacia 1880, que los **rayos catódicos** no eran haces de partículas cargadas. Pero su experimento era inadecuado. Una tecnología más avanzada y una mejor comprensión de la situación permitieron a Thomson superar y desechar los resultados experimentales de Hertz. Las deficiencias de su aparato solo aparecieron a la luz de los adelantos teóricos y tecnológicos subsiguientes. También Hertz fue el primero en producir **ondas de radio**. Sus resultados indicaban que las ondas de mayor longitud de onda se propagaban en el aire a una velocidad mayor que a lo largo de alambres y que eran más rápidas que la luz, mientras que la teoría de Maxwell predecía que se desplazarían a la velocidad de la luz en ambos casos. Al final se constató que había ondas reflejadas que interferían en la medición: para evitarlo, era preciso que las longitudes de onda de las ondas investigadas fueran pequeñas en comparación con las dimensiones del laboratorio.

Conviene subrayar que no sólo los resultados experimentales deben reflejar con precisión lo que sucede, sino ser también apropiados o significativos. Un experimento se diseña para esclarecer alguna pregunta importante, pero qué preguntas son importantes dependerá de cómo se entienda práctica y teóricamente la situación. La existencia de varias teorías del electromagnetismo competidoras, junto al hecho de que una de las más importantes predijera que las ondas de radio se propagaban a la velocidad de la luz, confirió especial importancia a las mediciones de Hertz. Aunque este fuera capaz de establecer hechos seguros mediante una observación cuidadosa, ello no bastaba para obtener resultados experimentales adecuados a la tarea científica en cuestión. **La aceptación de los resultados experimentales depende de la teoría**, y los juicios al respecto están sujetos a cambio según progresa la comprensión científica.

Otro ejemplo: las mediciones de pesos moleculares en el siglo XIX tenían una importancia fundamental para los partidarios de la hipótesis de W. Prout de que el átomo de hidrógeno representaba el ladrillo con el que se construían los demás átomos, pues esto llevaba a suponer que sus pesos moleculares, relativos al del hidrógeno, serían números enteros. Pero las laboriosas mediciones efectuadas se volvieron en parte irrelevantes en cuanto se observó que los elementos naturales contienen una mezcla de isótopos, con lo que ya no eran de esperar los números enteros. Aquí vemos cómo pierden importancia resultados experimentales previos por razones no relacionadas con problemas en la percepción humana.

Así pues, el depósito de resultados experimentales que sirven de base apropiada a la ciencia **se actualiza constantemente**. Se desechan resultados experimentales previos para ser reemplazados por otros nuevos, más apropiados, por razones bastante simples:

- a) los experimentos no contaban con suficientes precauciones contra posibles fuentes de interferencia,
- b) las mediciones utilizaban métodos de detección poco sensibles y anticuados,
- c) se llegó a entender que los experimentos eran incapaces de resolver los problemas que trataban,
- d) se dejó de creer en la importancia de las preguntas que se pretendía responder con ellos.

Esto parece obvio, pero tiene implicaciones serias para la filosofía de la ciencia, pues **socava la noción de que la ciencia descansa sobre fundamentos seguros**. Si, pudiera argüirse, la base experimental de la ciencia es tan falible y revisable, el conocimiento fundado en ella será igualmente falible y revisable. La inquietud aumenta si se señala la amenaza de circularidad, en el sentido de que se apela a las teorías para juzgar la adecuación de los resultados experimentales, y esos mismos resultados experimentales sirven para comprobar la teoría.

El experimento como base adecuada de la ciencia

No obstante, hay razones para no aceptar estas conclusiones extremas:

- a) todo experimento supone alguna teoría que le ayude a juzgar que el montaje es el adecuado y que los instrumentos lean lo que se intenta que lean, pero esas teorías presupuestas no tienen por qué ser la teoría puesta a prueba, y que no lo sean parecería un requisito razonable de un buen diseño experimental.
- b) los resultados experimentales vienen determinados ciertamente por el funcionamiento del mundo, no por las visiones teóricas del mundo, por lo cual es posible probar las teorías en el mundo.

Esto no quiere decir que sea fácil conseguir resultados significativos, ni que sean infalibles, pero sí que **probar la adecuación de las teorías científicas a los resultados experimentales tiene sentido**.

4. LA INFERENCIA DE TEORÍAS A PARTIR DE LOS HECHOS: LA INDUCCIÓN

Se dijo que había dos aspectos involucrados en la afirmación de que la ciencia se deriva de los hechos y que el primero se refería a la naturaleza de esos hechos. Supongamos que, después de todo, se pueden establecer hechos apropiados en ciencia, aunque no sea de forma tan directa y segura como por lo común se supone. Planteamos ahora el segundo aspecto: **cómo se puede derivar el conocimiento científico a partir de esos hechos**.

Hemos descartado la idea de que la expresión “la ciencia se deriva de los hechos” signifique que el conocimiento científico se construye estableciendo primero los hechos y edificando después una teoría que se ajusta a ellos. Exploramos ahora una interpretación de “derivar” en un sentido lógico, más que temporal. Independientemente de lo que se dé primero, hechos o teoría, se trata de estudiar **en qué medida se apoya la teoría en los hechos**.

¿Pueden derivarse las leyes científicas a partir de los hechos?

La afirmación más fuerte posible sería que la teoría es una consecuencia de los hechos, se deriva lógicamente de ellos, pero esta afirmación no puede justificarse. La lógica se ocupa de la **deducción de unos enunciados a partir de otros**. Estudia qué se sigue de qué. Garantiza que, *si* las premisas son verdaderas, *entonces* la conclusión es verdadera. Pero el hecho de que las premisas sean verdaderas no lo resuelve la lógica. El conocimiento científico no puede derivarse de los hechos, si “derivar” se interpreta como “deducir lógicamente”. Los hechos observables o resultados experimentales son afirmaciones acerca de un estado de cosas en un momento concreto. Por muchas observaciones que tengamos de metales dilatándose con el calor, no puede haber garantía lógica de que alguna muestra de metal no se contraiga en alguna ocasión al ser calentada.

Los razonamientos de este tipo, que proceden desde un número finito de hechos específicos para llegar a una conclusión general, se llaman razonamientos **inductivos**, para distinguirlos de los razonamientos lógicos, **deductivos**. Los razonamientos inductivos se diferencian de los deductivos en que, al pasar de enunciados acerca de **algunos** acontecimientos de un tipo particular a enunciados acerca de **todos** los acontecimientos, **van más allá de lo que está contenido en las premisas**. Las leyes científicas generales no pueden nunca ser probadas en el sentido de ser deducidas lógicamente de la evidencia.

¿Cuáles son las características de un buen razonamiento inductivo? Un primer intento de respuesta:

1. El número de enunciados observacionales que sustenten una generalización debe ser grande.
2. Las observaciones se deben repetir en una amplia variedad de circunstancias.
3. Ningún resultado observacional aceptado debe contradecir la ley universal derivada.

Lo anterior puede resumirse en el siguiente enunciado del principio de inducción: Si en una amplia variedad de circunstancias 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**.

Sin embargo, esta caracterización de la inducción presenta problemas serios:

Condición 1: Es un problema la vaguedad de “gran número”. Además, hay casos en que la exigencia de un gran número de ocasiones parece inapropiada.

Condición 2: ¿Qué es lo que cuenta como “variedad” de circunstancias significativa? Sin eliminar las variaciones “superfluas”, nunca podrán satisfacerse las condiciones de aceptación de la inferencia inductiva. Juzgamos qué es una circunstancia relevante recurriendo a los conocimientos actuales, pero ¿cómo se justifican los conocimientos actuales? Si es por inducción, el problema se vuelve recurrente.

Condición 3: Pocos conocimientos científicos sobrevivirían a la exigencia de que no se conozca ninguna excepción.

La posición según la cual el conocimiento científico se deriva de los hechos observables por algún tipo de inferencia inductiva se denomina **inductivismo**. Ya hemos señalado una serie de problemas que le son inherentes, pero hay otros:

- a) El conocimiento científico contemporáneo se refiere en gran parte a lo **inobservable** (electrones, genes, etc.). Partiendo de hechos del mundo observable solo se pueden hacer generalizaciones en el mundo observable. ¿Cómo estableceríamos el conocimiento científico del mundo inobservable?
- b) Muchas leyes científicas se formulan matemáticamente. En comparación con la exactitud de estas leyes, tenemos la **inexactitud** de toda medición que constituya su evidencia observable. Es difícil entender cómo se podrían justificar leyes exactas sobre la base de evidencia inexacta.

c) **Problema de la inducción.** David Hume, filósofo del siglo XVIII, lo articuló claramente. El problema surge cuando se suscita la cuestión de cómo se demuestra el principio de inducción. Solo hay dos opciones, o bien recurrir a la lógica, o bien a la experiencia. Ya hemos visto que la primera opción no sirve, pues las inferencias inductivas no son inferencias lógicas (deductivas). Nos queda la segunda. ¿Cómo sería esa justificación? Probablemente sería algo así: se ha observado que la inducción funciona en un gran número de ocasiones, por tanto, la experiencia justifica la inducción. Es decir, se infiere un enunciado universal que afirma la validez del principio de inducción a partir de cierta cantidad de instancias individuales exitosas. Pero entonces la argumentación es inductiva y, en consecuencia, ese intento de justificar la inducción es circular, da por supuesto lo que trata de probar.

Se podría debilitar la exigencia de que el conocimiento científico sea verdadero y afirmar que es **solo probablemente verdadero** a la luz de la evidencia. Pero esta reformulación tampoco supera el problema de la inducción, ya que:

a) El principio reformulado sigue siendo un enunciado universal. Basándose en un número finito de éxitos, implica que siempre que se aplique el principio las conclusiones serán probablemente verdaderas. Por consiguiente, encierra un recurso a argumentos inductivos del tipo que se trata de justificar, igual que el principio en su forma original.

b) Otro problema es precisar cuán probable es una ley o teoría a la luz de determinada evidencia. Siempre existirá un número infinito de hipótesis compatibles con un número finito de pruebas (**infradeterminación**). Por consiguiente, la probabilidad que tiene cada una de ser verdad es igual a cero según la teoría de probabilidades comúnmente aceptada.

Atractivo del inductivismo ingenuo

La concepción inductivista básica de la ciencia tiene cierto mérito. Sostiene que las leyes y teorías que constituyen el conocimiento científico se derivan por inducción a partir de una base de hechos suministrada por la observación y la experimentación. Obtenido este conocimiento general, y dadas unas condiciones iniciales descritas de modo preciso, se recurre a él para deducir predicciones y ofrecer explicaciones. De este modo, proporciona una explicación formalizada de algunas intuiciones comunes acerca de las características peculiares del conocimiento científico, esto es, de su objetividad, confiabilidad y utilidad. Además, hace posibles las predicciones y explicaciones. La objetividad de la ciencia, tal y como la interpreta el inductivista, deriva de la medida en que la observación, la inducción y la deducción se consideran ellas mismas objetivas. Se entiende que los hechos observables se establecen por el uso sin prejuicios de los sentidos, de manera que no quede lugar para la opinión subjetiva. Tampoco queda en lo referente a los razonamientos inductivo y deductivo, que son adecuados en la medida en que se adaptan a criterios de idoneidad formulados públicamente. Según el inductivista ingenuo, los enunciados observacionales que forman la base de la ciencia pueden establecerse directamente y con seguridad haciendo uso cuidadoso de los sentidos, y esa seguridad se transmitirá a las leyes y teorías derivadas de ellos siempre que se respeten las condiciones para formular generalizaciones inductivas adecuadas.

Sin embargo, hemos visto que, aunque pueda parecer atractiva, la posición inductivista necesita, en el mejor de los casos, una matización rigurosa, y en el peor, es totalmente inadecuada. Los hechos apropiados para la ciencia no son de ninguna manera dados directamente, sino que tienen que ser prácticamente contruidos, dependen del conocimiento que presuponen y están sujetos a ser mejorados y reemplazados. Lo que es aún más grave, hemos sido incapaces de ofrecer una especificación precisa de la inducción que pueda servir para distinguir una generalización justificada de los hechos de otra rápida o apresurada, tarea ésta por cierto formidable, dada la capacidad de sorprender que tiene la naturaleza.

5. PRESENTACIÓN DEL FALSACIONISMO

Karl Popper ha defendido una alternativa al inductivismo denominada **falsacionismo**. Basándose en el famoso experimento que hizo Eddington en 1919 para comprobar la teoría general de la relatividad de Einstein, Popper concluyó que las teorías genuinamente científicas hacen predicciones comprobables, llegando a la idea clave de que lo característico de las teorías científicas es ser falsables.

Los falsacionistas admiten que la observación presupone la teoría y se guía por ella. También abandonan la idea de que la verdad o verdad probable de las teorías se puede establecer a la luz de la evidencia observacional. Las teorías se construyen como **conjeturas** o suposiciones especulativas y provisionales para resolver problemas. Una vez propuestas, han de ser comprobadas por la observación y la experimentación. Las teorías que no superan esas comprobaciones deben ser eliminadas y reemplazadas. La ciencia progresa gracias al ensayo y el error. Los falsacionistas no tienen problemas con la caracterización y la justificación de la inducción, porque para ellos la ciencia no implica la inducción.

Una cuestión lógica favorable al falsacionismo: si bien se ha visto que, aun disponiendo de enunciados observacionales verdaderos, no es posible llegar a leyes y teorías universales basándose sólo en deducciones lógicas, partiendo de enunciados observacionales singulares como premisas sí que es posible deducir lógicamente **la falsedad** de teorías y leyes universales. La falsedad de enunciados universales se puede deducir de enunciados singulares adecuados.

La falsabilidad como criterio de las teorías

Para formar parte de la ciencia, una hipótesis ha de ser **falsable**. Una hipótesis es falsable si existe un enunciado observacional o un conjunto de enunciados observacionales lógicamente posibles que sean incompatibles con ella, es decir que, en caso de resultar verdaderos, falsarían la hipótesis. Si un enunciado no es falsable, entonces ninguna propiedad ni comportamiento del mundo puede entrar en conflicto con él. Popper afirmó que al menos algunas versiones de la teoría de Marx, el psicoanálisis freudiano y la psicología adleriana pasan por teorías científicas, pero no son falsables y deben ser rechazadas. Para que una teoría posea contenido informativo, ha de correr el riesgo de ser falsada.

Una teoría científica es **preferible** a otra si hace afirmaciones de amplio alcance acerca del mundo y, en consecuencia, es sumamente falsable (por ejemplo, las teorías de Newton tenían muchos más falsadores posibles que las de Kepler), pero resiste la falsación reiteradamente. Como la ciencia favorece las teorías de gran contenido informativo, los falsacionistas dan la bienvenida a las propuestas audaces. Una consecuencia atractiva de la exigencia de que las teorías sean sumamente falsables es que deben ser establecidas y precisadas con claridad.

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 asociados con la explicación de algunos aspectos del mundo. Los científicos proponen **hipótesis falsables** como soluciones al problema. Vienen luego los intentos deliberados y tenaces de falsarlas. Algunas hipótesis serán eliminadas rápidamente. Otras tendrán más éxito y se someterán a pruebas más rigurosas. Cuando finalmente se falsa una hipótesis que había superado con éxito una gran variedad de pruebas, surge un nuevo problema, cabe esperar que alejado ya 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 que una teoría es verdadera**, pero sí que una teoría actual es superior a sus predecesoras, ya que ha superado pruebas que aquellas no. Podría pensarse que, ya que el punto de partida de la ciencia son los problemas, la ciencia comienza para el falsacionista con la observación, al igual que para el inductivista ingenuo, pero en realidad para el primero las observaciones sólo constituyen problemas a la luz de alguna teoría. El que la ciencia parta de problemas es compatible con la prioridad de las teorías sobre la observación.

6. EL FALSACIONISMO SOFISTICADO

La concepción falsacionista sofisticada ve insuficiente el falsacionismo ordinario y traslada el centro de atención a los méritos **relativos** de teorías enfrentadas, promoviendo así una imagen dinámica de la ciencia en la que se exige que progrese. En general, una teoría recién propuesta será digna de atención por parte de los científicos si es más falsable que su rival y, en especial, si predice un nuevo tipo de fenómeno que su rival no mencionaba. Esto permite evitar un problema técnico, ya que siempre es difícil especificar hasta qué punto es falsable una teoría, pero a menudo es posible comparar los **grados de falsabilidad** de las leyes o teorías.

El aumento de la falsabilidad y las modificaciones ad hoc

Esta nueva condición excluye las modificaciones de una teoría destinadas simplemente a protegerla de una falsación amenazadora. Una modificación, como la adición de un postulado más o un cambio en algún postulado existente, que no tenga consecuencias comprobables que ya lo eran en la teoría sin modificar constituirá una **modificación ad hoc**.

Por ejemplo, antes de Lavoisier, la teoría del flogisto era la teoría clásica de la combustión. Según esa teoría, cuando se quemaban las sustancias se desprendía de ellas el flogisto. Esta teoría se vio amenazada cuando se descubrió que muchas sustancias aumentaban de peso con la combustión. Se sugirió entonces que el flogisto tenía peso negativo. Si esta hipótesis podía comprobarse solamente pesando las sustancias antes y después de la combustión, entonces era *ad hoc*.

Un ejemplo ahora de modificación que no es *ad hoc* y, en consecuencia, es aceptable desde un punto de vista falsacionista. Las observaciones realizadas en el siglo XIX sobre el movimiento del planeta Urano revelaban que su órbita difería considerablemente de la predicha por la teoría de Newton. Leverrier en Francia y Adams en Inglaterra sugirieron que existía un planeta hasta entonces no detectado cerca de Urano. Fue posible predecir la posición del planeta y comprobar la predicción inspeccionando con el telescopio la región correspondiente del cielo. Así fue como Galle vio por primera vez el planeta que ahora se llama Neptuno. Lejos de ser *ad hoc*, la propuesta para salvar la teoría de Newton de la falsación condujo a una nueva comprobación de esa teoría.

La confirmación en la concepción falsacionista de la ciencia

Aunque al presentar el falsacionismo se habló de la importancia fundamental de las falsaciones, esto es, los fracasos de las teorías frente a las pruebas experimentales y observacionales, el falsacionista sofisticado no presta una atención exclusiva a la falsación. Consideremos dos posibilidades extremas en cuanto a las teorías. Por un lado, las que toman la forma de conjeturas audaces y aventuradas; por el otro, las que son conjeturas prudentes. Si cualquiera de los dos tipos de conjetura fracasa en una prueba experimental u observacional, resultará falsada, mientras que si supera tal prueba diremos que está **confirmada**. Los avances importantes vendrán marcados por la **confirmación de las conjeturas audaces** o por la **falsación de las conjeturas prudentes**. Los casos del primer tipo señalan el descubrimiento de algo hasta entonces inaudito o considerado improbable, como el descubrimiento de Neptuno o la confirmación por Eddington de la aventurada predicción de Einstein. Las falsaciones de conjeturas prudentes son importantes porque establecen que lo que se consideraba verdadero en realidad es falso. La demostración por Russell de la incoherencia de la teoría ingenua de conjuntos, basada en proposiciones que parecían evidentes, sirve de ejemplo de falsación de una conjetura en apariencia libre de riesgo. En contraposición, de la falsación de una conjetura audaz o de la confirmación de una conjetura prudente se aprende muy poco. Las confirmaciones de predicciones nuevas resultantes de conjeturas audaces son muy importantes en la concepción falsacionista del desarrollo científico.

Audaz y nuevo son nociones históricamente relativas. Lo que es audaz en una etapa de la historia de la ciencia no tiene por qué serlo en otra posterior. Si llamamos al complejo de las teorías científicas generalmente aceptadas y bien establecidas en una época dada de la historia el **conocimiento básico** de esa época, una conjetura será **audaz** si sus afirmaciones son improbables a la luz de dicho conocimiento básico. La astronomía de Copérnico era audaz en 1543 porque chocaba con el supuesto básico de que la tierra está inmóvil en el centro del universo. Análogamente, las predicciones son **nuevas** si conllevan algún fenómeno que no figure en el conocimiento básico de la época o quede explícitamente excluido por él. La predicción de Neptuno en 1846 era nueva porque el conocimiento básico de la época no contenía ninguna referencia a ese planeta.

Comparación de las concepciones inductivista y falsacionista de la confirmación

Debido al hincapié que hacen los falsacionistas en el desarrollo de la ciencia, su idea de la confirmación es significativamente distinta a la de los inductivistas. Para estos, la importancia de algunos casos confirmadores de una teoría está determinada exclusivamente por la relación lógica entre los enunciados observacionales confirmados y la teoría que éstos sustentan. El contexto histórico es irrelevante. Esta teoría ahistórica de la confirmación tiene la consecuencia negativa de que innumerables observaciones de caídas de piedras constituyen una actividad científica valiosa, pues aumentan la probabilidad de que la ley de la gravitación sea verdadera. En contraposición, en la concepción falsacionista la importancia de las confirmaciones **depende de su contexto histórico**. Si hoy en día confirmo la teoría de Newton dejando caer una piedra, no contribuyo a la ciencia. Por el contrario, si mañana confirmo una teoría especulativa que implica que la atracción gravitatoria entre dos cuerpos depende de sus temperaturas, habré realizado una aportación importante. La teoría de Newton de la gravitación y algunas de sus limitaciones forman parte del conocimiento básico actual, mientras que no sucede así con esa supuesta dependencia de la atracción gravitatoria de la temperatura.

Ventajas del falsacionismo sobre el inductivismo

- a) Hemos visto que los resultados experimentales dependen de la teoría y están sujetos a error. Esto socava la posición de los inductivistas, que exigen que la ciencia posea un fundamento factual. El falsacionista **reconoce que hechos y teorías son falibles**, pero no busca demostraciones de la verdad o de la verdad probable, sino sólo el progreso constante de la ciencia.
- b) Para el inductivista resultaba difícil especificar criterios para una buena inferencia inductiva y especificar cuándo los hechos prestan un respaldo significativo a las teorías. Para el falsacionista, los hechos respaldan significativamente a las teorías cuando constituyen **pruebas rigurosas** de ellas, por ejemplo, confirmación de nuevas predicciones. Por eso la repetición de un experimento, aunque este represente una prueba rigurosa de una teoría, no la refuerza.
- c) Mientras que al inductivista se le hace difícil explicar cómo el conocimiento de lo inobservable puede derivarse de hechos observables, el falsacionista considera que las afirmaciones acerca de lo **inobservable** pueden ser probadas rigurosamente explorando nuevas predicciones.
- d) Los inductivistas encuentran problemas a la hora de justificar las inferencias inductivas destinadas a mostrar que una teoría es verdadera o probablemente verdadera. Para el falsacionista la ciencia no incluye la inducción, sino que usa la deducción para revelar las consecuencias de las teorías, que pueden ser sometidas a comprobación y quizá falsadas, pero sobrevivir a una prueba no demuestra que una teoría sea verdadera ni probablemente verdadera, sino solo, como mucho, que supone un avance respecto de su predecesora. **El falsacionista se conforma con el progreso, sin aspirar a la verdad.**

7. LIMITACIONES DEL FALSACIONISMO

Problemas resultantes de la situación lógica

Una ley puede falsarse lógicamente a partir de un solo hecho observable con el cual choca. Observar un cisne negro falsa el enunciado "todos los cisnes son blancos". Pero el uso de esta propiedad para cimentar una filosofía falsacionista de la ciencia no es tan sencillo y enseguida surgen problemas.

Cuando la observación o la experimentación proporcionan evidencia que entra en conflicto con las predicciones de cierta ley o teoría, **puede que lo erróneo sea la evidencia** y no la ley o teoría. En consecuencia, no es posible falsar de forma concluyente una teoría mediante la observación o el experimento. Además, una teoría científica real consta de un conjunto de enunciados universales, no de uno solo como "todos los cisnes son blancos". Y para comprobar experimentalmente una teoría habrá que recurrir a algo más que los enunciados que la constituyen: harán falta supuestos auxiliares y unas condiciones iniciales tales como una descripción del marco experimental. Si la predicción que se sigue de este laberinto de premisas resulta falsada, podremos concluir que al menos una de las premisas es falsa, pero **no sabemos cuál** (la llamada tesis de Duhem/Quine). Puede que falle la teoría sometida a prueba, o puede que no. Ya vimos un ejemplo en el que la órbita del planeta Urano refutaba, en apariencia, la teoría de Newton, pero resultó que no fallaba la teoría, sino la descripción de las condiciones iniciales. Esto significa además que siempre se puede proteger una teoría de la falsación desviándola hacia otra parte de la compleja red de supuestos.

Argumentos históricos

Si los científicos se hubieran atendido estrictamente a la metodología falsacionista, históricamente los mejores ejemplos de teorías científicas **nunca se habrían desarrollado**, porque habrían sido rechazadas en su infancia. Dado cualquier ejemplo de teoría científica clásica, ya sea en el momento de su primera formulación o en fecha posterior, es posible encontrar afirmaciones observacionales que se aceptaban generalmente en su época, pero se consideraban incompatibles con la teoría.

Ejemplo: Cuando Copérnico publicó por primera vez los detalles de su nueva astronomía, en 1543, había muchos argumentos que se podían esgrimir, y se esgrimieron, contra ella. Con respecto al conocimiento científico de la época, esos argumentos eran sólidos y Copérnico no pudo defenderse satisfactoriamente. El principal atractivo de la teoría copernicana residía en la ingeniosa manera en que explicaba una serie de rasgos del movimiento planetario que la teoría rival tolemaica sólo explicaba de modo artificial y poco atractivo. Cierta número de filósofos de la naturaleza inclinados a las matemáticas se sintieron atraídos por el sistema copernicano y pudieron defenderlo cada vez con más éxito. Primero vino Galileo, con el telescopio y las bases de una nueva mecánica. Luego Kepler descubrió que se podía representar cualquier órbita planetaria mediante una elipse con el Sol en uno de sus focos, lo que eliminaba el complejo sistema de epiciclos. Por fin, el sistema newtoniano unifica los cuerpos celestes y terrestres y cada conjunto de cuerpos se mueve bajo el influjo de fuerzas que siguen las leyes de Newton del movimiento. Una vez constituida la física newtoniana, fue posible aplicarla con detalle a la astronomía.

La historia así esbozada deja claro que la revolución copernicana no surgió de una vez por todas y que ni inductivistas ni falsacionistas proporcionan una concepción de la ciencia compatible con esa historia. Los nuevos conceptos de fuerza e inercia no surgieron como resultado de la observación y experimentación cuidadosas. Tampoco de la falsación de conjeturas audaces y del continuo reemplazo de una conjetura audaz por otra. Las primeras formulaciones de la nueva teoría, que implicaban nuevas concepciones imperfectamente formuladas, no se abandonaron, sino que desarrollaron a pesar de las aparentes falsaciones.

Popper hizo una defensa seductora de su criterio de **demarcación** entre la ciencia y la no ciencia o la pseudociencia. Las teorías científicas deben ser falsables, es decir, tener consecuencias que se puedan comprobar por la observación o la experimentación. Una debilidad de este criterio es que se satisface demasiado fácilmente. Los astrólogos hacen afirmaciones falsables (y frecuentemente falsadas). El falsacionista puede responder que las teorías no sólo tienen que ser falsables, sino que deben no haber sido falsadas. Pero hemos visto que la mayoría de las teorías científicas tienen sus problemas y chocan con alguna que otra observación aceptada. Popper tiene que admitir que a menudo es necesario mantener las teorías a pesar de las falsaciones aparentes. Sería irónico que una versión tan matizada del falsacionismo llegara a ser tan débil que no excluyera nada.

8. LAS TEORÍAS COMO ESTRUCTURAS. 1: LOS PARADIGMAS DE KUHN

Se ha generalizado, desde los años sesenta del siglo XX, la idea de que una concepción más adecuada de la ciencia exige comprender los entramados teóricos en que tiene lugar la actividad científica. La conveniencia de considerar las teorías como **estructuras** se aprecia en la propia historia de la ciencia, pues su evolución muestra una estructura que no captan ni la concepción inductivista ni la falsacionista.

Pero existe además un argumento filosófico más general vinculado con la dependencia de la observación con respecto a la teoría: los enunciados observacionales se deben formular en el lenguaje de alguna teoría, por lo que serán tan precisos e informativos como lo sea esa teoría. Si esta estrecha conexión es válida, de ello se desprende directamente la necesidad de teorías coherentemente estructuradas. Esto queda más claro si se constatan las insuficiencias de las explicaciones alternativas a la manera en que se puede considerar que un concepto adquiere significado. Una de ellas es la definición, pero hay que rechazarla como procedimiento fundamental para establecer significados, porque solo se puede definir en función de otros conceptos cuyos significados estén ya dados, con lo que se produciría una regresión infinita, a menos que se conozcan por otros medios los significados de algunos términos. Newton no pudo definir la masa o la fuerza en términos de conceptos previamente existentes. Otra sería la definición ostensiva, pero es poco plausible a la hora de definir algo como "masa" en mecánica.

La afirmación de que los conceptos derivan su significado, al menos en parte, del papel que desempeñan en una teoría se ve apoyada por una reflexión histórica. La historia típica de un concepto conlleva su surgimiento inicial como idea vaga, seguido de su aclaración gradual a medida que la teoría en la que interviene toma una forma más coherente y precisa. Ejemplo: el concepto de campo eléctrico. Cuando Faraday introdujo por primera vez este concepto era muy vago y se articuló con la ayuda de analogías mecánicas. Se fue definiendo cada vez mejor a medida que se aclararon las relaciones entre el campo eléctrico y otras magnitudes electromagnéticas. Luego fue posible dar mayor coherencia a la teoría mediante las ecuaciones de Maxwell. Poco después se prescindió del éter, que había sido considerado como el espacio mecánico de los campos.

Veremos a continuación la obra de tres importantes filósofos que han perseguido la idea acercarse a la ciencia por medio de sistemas teóricos.

Thomas Kuhn

Con su libro *The structure of scientific revolutions*, publicado por primera vez en 1962 y reeditado ocho años más tarde con un apéndice esclarecedor, entendió que las concepciones tradicionales de la ciencia, inductivistas o falsacionistas, no resistían una comparación con las pruebas históricas y se aplicó a desarrollar una teoría de la ciencia ajustada a la situación histórica tal y como él la veía.

Resumen de la imagen de Kuhn sobre cómo progresa una ciencia:

Los paradigmas y la ciencia normal

La preciencia se caracteriza por el total desacuerdo y el constante debate de lo fundamental, de manera que es imposible abordar un trabajo detallado y profundo. Ejemplo: la óptica antes de Newton. La desorganizada actividad que precede a la formación de una ciencia se estructura finalmente cuando una comunidad científica se adhiere a un solo **paradigma o matriz disciplinar**. En la naturaleza de un paradigma está el escapar a una definición precisa. Si se trata de describir con precisión algún paradigma en la historia de la ciencia o en la ciencia actual, siempre resulta que algún trabajo realizado dentro del mismo va en contra de la descripción. Sin embargo, Kuhn insiste en que esto no hace insostenible el concepto de paradigma, constituido por los supuestos teóricos generales, las leyes y las técnicas para su aplicación que adoptan los miembros de una determinada comunidad científica. El paradigma establece las normas necesarias para legitimar el trabajo dentro de la ciencia que rige. Integran adicionalmente el paradigma algunos principios metafísicos muy generales, que guían el trabajo en su seno, y prescripciones metodológicas generales. Ejemplos de paradigma son la mecánica newtoniana, la óptica ondulatoria, la química analítica. Los científicos traban conocimiento con un paradigma a través de su formación científica. Debido a este adiestramiento, un científico normal típico no será consciente de la naturaleza precisa del paradigma en el que trabaja.

El paradigma coordina y dirige la actividad de "resolver problemas" que efectúan los científicos que trabajan dentro de él, practicando lo que Kuhn denomina **ciencia normal**. La característica que distingue la ciencia de la no ciencia es la existencia de un paradigma capaz de sustentar una tradición de ciencia normal. La ciencia normal articulará y desarrollará el paradigma a fin de 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. Los problemas que se resisten a ser solucionados se consideran **anomalías**, más que falsaciones de un paradigma.

Crisis y revolución

En última instancia, los paradigmas topan inevitablemente con dificultades. Si estas se agravan, se desarrolla una **crisis**. La mera existencia de problemas sin resolver dentro de un paradigma no constituye una crisis. Dificultades habrá siempre, pero solamente en determinadas condiciones las anomalías socavan la confianza en el paradigma. Se considerará que una dificultad es particularmente grave:

- a) Si afecta a los propios fundamentos del paradigma y resiste los intentos de eliminarla por parte de los miembros de la comunidad científica normal. Ejemplo: los problemas asociados al éter y el movimiento de la Tierra relativo a él en la teoría electromagnética de Maxwell.
- b) Si es importante en relación con alguna necesidad social apremiante. Los problemas que abrumaban a la astronomía tolemaica eran apremiantes a la luz de la necesidad de reformar el calendario en la época de Copérnico.
- c) Si resiste mucho tiempo a los intentos de eliminarla o son muchas las anomalías serias.

Se abre entonces un periodo de inseguridad. 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 e incluso a expresar abiertamente su descontento e intranquilidad.

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 los problemas. El paradigma nuevo será muy diferente del viejo e incompatible con él. Los paradigmas rivales son "**incommensurables**". Cada paradigma considerará que el mundo está constituido por distintos tipos de cosas. Los paradigmas rivales consideran que son lícitos o significativos tipos diversos de

cuestiones y conllevan normas diferentes e incompatibles. Kuhn sostiene que, en cierto sentido, los defensores de paradigmas rivales “viven en mundos distintos”. Kuhn compara 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. Primero, porque la apreciación de una teoría científica depende de cómo se priorizan los muchos factores que intervienen en ella. Segundo, porque los partidarios de los paradigmas rivales suscribirán distintos conjuntos de normas, principios metafísicos, etc. 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. El propósito de los argumentos y discusiones entre defensores de paradigmas rivales debe ser la persuasión.

El cambio discontinuo constituye una **revolución científica**. Para que la revolución tenga éxito, este cambio ha de incluir a la mayoría de los miembros de la comunidad científica, quedando sólo unos cuantos disidentes, que se verán excluidos de la nueva comunidad. El paradigma nuevo, lleno de promesas y no abrumado por dificultades en apariencia insuperables, guía entonces la actividad científica normal hasta que choca con problemas serios y aparece una nueva crisis seguida de una nueva revolución.

La función de la ciencia normal y las revoluciones

Kuhn insiste en que su concepción constituye una teoría de la ciencia porque no es puramente descriptiva, sino que incluye una explicación de la **función** de sus diversos componentes. Los períodos de ciencia normal, gracias a su confianza en la adecuación de un paradigma, permiten dedicar las energías a intentar resolver los problemas detallados que se presentan dentro del paradigma sin criticar sus fundamentos. Pero no hay ninguna razón para esperar que un paradigma sea perfecto. En consecuencia, la ciencia debe contar con un mecanismo que permita cambiar de paradigma. Esta función la cumplen las revoluciones. La alternativa de Kuhn al progreso acumulativo, característico de las concepciones inductivistas de la ciencia, es el progreso a través de las revoluciones. Además, los paradigmas no son tan rígidos como para que no se puedan interpretar y aplicar de maneras ligeramente distintas, lo que multiplica el número de estrategias intentadas y el riesgo se reparte.

Méritos y dificultades de la concepción de Kuhn de la ciencia

Sin duda hay algo correcto en la idea de que el trabajo científico implica resolver problemas dentro de un sistema que no se cuestiona en lo fundamental, pues no es probable que una disciplina progrese si sus fundamentos se cuestionan continuamente, como en el método de “conjeturas y refutaciones” de Popper. Si comparamos los intentos de Kuhn y de Popper por captar el sentido en el que la astrología se distingue de la ciencia, la concepción de Kuhn resulta más convincente. Para Popper se diagnostica que la astrología no es una ciencia, bien porque es infalsable, bien porque es falsable y se demuestra que es falsa. Pero incluso durante el Renacimiento, cuando se practicaba la astrología seriamente, los astrólogos hacían predicciones falsables y que fueron frecuentemente falsadas. Para Kuhn la diferencia entre la astrología y la astronomía radica en que los astrónomos están en posición de aprender de los fallos de sus predicciones y los astrólogos no. Los “recursos” que los astrónomos tienen son el paradigma compartido que mantiene la tradición de una ciencia normal.

La idea de las “revoluciones científicas” parece tener también un mérito considerable. Kuhn utilizó esta noción para subrayar la naturaleza no acumulativa del avance de la ciencia. Es más radical que el cambio de teorías de Popper, ya que en las revoluciones científicas no solo se modifican las afirmaciones que se hacen, sino el tipo de entidades que se supone constituyen el mundo y las clases de pruebas y modos de explicación que se consideran apropiados. De un paradigma a otro puede cambiar tanto lo que cuenta como problema como las normas con que juzgar la adecuación de las soluciones propuestas. Pero si las normas varían de un paradigma a otro, ¿a qué normas apelar para juzgar si un paradigma es mejor que otros y si representa un progreso frente al anterior? ¿En qué sentido se puede decir que la ciencia progresa mediante

revoluciones? Kuhn fue acusado de presentar un punto de vista "relativista" del progreso científico. Intentó distanciarse del relativismo en el Apéndice que añadió a la segunda edición de su libro, pero persisten los numerosos pasajes de la obra que parecen defender la posición relativista e incluso negar que exista algún criterio racional de progreso científico. Si las revoluciones científicas se asemejan a cambios de *gestalt*, conversiones religiosas o revoluciones políticas, el cambio en la adhesión por parte de un científico de un paradigma a otro no se atiene a argumentos racionales. En realidad, los proponentes de la sociología de la ciencia actualmente en boga consideran generalmente a Kuhn como un relativista explícito. La concepción del progreso científico que aparece en la segunda edición de su libro contiene dos corrientes incompatibles, una relativista y otra que no lo es.

El conocimiento objetivo

A un nivel de sentido común, existe una distinción entre conocimiento subjetivo y conocimiento objetivo, entre, por ejemplo, las experiencias perceptuales de un individuo y lo que él considere consecuencia de ellas, por un lado, y los enunciados observacionales que da en su apoyo, por otro. Estos últimos son comprobables públicamente y debatibles de una manera que las primeras no son. Gran parte del discurso de Kuhn sobre los paradigmas encaja en el lado objetivo de la dicotomía mencionada. Sin embargo, en su libro hay otra línea que se sitúa en el lado subjetivo, presente en su discurso sobre cambios de *gestalt*, conversiones y cosas por el estilo, dando la impresión de que no se pueden comparar los puntos de vista a cada lado del cambio de paradigma, pues ese cambio se produce en la mente del científico. Si nos interesa la naturaleza de la ciencia y el sentido en el que se puede decir que progresa, hay que eliminar toda esa charla y limitarse a una caracterización objetiva de los paradigmas y de la relación entre ellos. En realidad, es lo que Kuhn hace la mayor parte del tiempo.

9. LAS TEORÍAS COMO ESTRUCTURAS. 2: LOS PROGRAMAS DE INVESTIGACIÓN

Una de las dificultades importantes del falsacionismo de Popper era que no existía una guía clara sobre qué parte del complejo teórico era culpable de una falsación. Lakatos respondió sugiriendo que hay leyes o principios que son más básicos que otros. Algunos lo son tanto que nunca se les culpabilizará de una falsación. Una ciencia puede considerarse como el desarrollo programático de esos principios fundamentales. Los científicos pueden tratar de resolver los problemas modificando los supuestos más periféricos de la manera que crean conveniente. De este modo contribuirán al desarrollo de un mismo **programa de investigación**.

Lakatos llamó a los principios fundamentales el **núcleo central** de un programa de investigación. Este núcleo adopta la forma de unas hipótesis muy generales a partir de las cuales se desarrolla el programa. Ejemplo: el núcleo central de la astronomía copernicana serían 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 programa consta, además, de una serie de supuestos y leyes suplementarios, supuestos relativos a las condiciones iniciales que especifican situaciones particulares, y también teorías presupuestas en los enunciados observacionales y en los resultados experimentales. Todo desajuste en la correspondencia entre un programa articulado y la observación debe atribuirse a la parte suplementaria, no al núcleo central. Lakatos llamó **cinturón protector** a la suma de hipótesis adicionales que complementan el núcleo central, para subrayar que su papel consiste en protegerlo de las falsaciones. Por ejemplo, el cinturón protector del programa copernicano fue modificado reemplazando por órbitas elípticas el conjunto de epiciclos de Copérnico. Lakatos dividió las directrices para el trabajo dentro de un programa de investigación en heurística negativa y heurística positiva (heurística es un conjunto de normas encaminadas a facilitar el descubrimiento o la invención). La **heurística negativa** especifica lo que se aconseja no hacer al científico (p. ej., no tocar el núcleo central), la **heurística positiva** indica a los científicos qué deben hacer (p. ej., cómo complementar el núcleo central y cómo modificar el cinturón protector). El desarrollo de un

programa no sólo supondrá la adición de las oportunas hipótesis auxiliares, sino también el desarrollo de las técnicas matemáticas y experimentales idóneas. Cuando se ha desarrollado un programa hasta un punto en que es conveniente someterlo a pruebas observacionales, son las **confirmaciones** y no las falsaciones las que tienen capital importancia. El valor de un programa de investigación lo indica el grado en que conduce a **predicciones nuevas que se ven confirmadas** y en menor medida la coherencia de la heurística positiva para guiar la futura investigación. Un programa de investigación **progresivo** será el que mantenga su coherencia y conduzca, al menos de forma intermitente, a nuevas predicciones que resulten confirmadas, mientras que un programa **degenerativo** será el que pierda su coherencia o no lleve a nuevas predicciones confirmadas. La sustitución de un programa degenerativo por otro progresivo constituye la versión de Lakatos de una revolución científica.

Metodología dentro de un programa y comparación de programas

El trabajo que se realiza dentro de un programa de investigación supone la expansión y modificación de su cinturón protector añadiendo y articulando diversas hipótesis. Se puede permitir cualquier maniobra mientras no sea *al hoc* ni vaya contra el núcleo central. Ejemplo: en el desarrollo de la teoría de Newton por Leverrier y Adams al estudiar la problemática órbita de Urano, optaron por modificar el cinturón protector del programa aduciendo que las condiciones iniciales eran insuficientes y sugiriendo que existía un planeta, todavía no identificado, próximo a Urano que distorsionaba su órbita. Su propuesta estaba de acuerdo con la metodología de Lakatos porque era comprobable.

El hecho de que cualquier parte del complejo laberinto teórico pueda ser responsable de una aparente falsación plantea un serio problema al falsacionista ordinario. La metodología de Lakatos está diseñada para evitarlo. La relación de la observación con una hipótesis que se está comprobando es poco problemática dentro de un programa de investigación, ya que el núcleo central y la heurística positiva sirven para definir un lenguaje observacional bastante estable.

Nuevas predicciones

Kuhn fue incapaz de dar una respuesta clara a la pregunta sobre el sentido en que se puede decir que un nuevo paradigma es superior al reemplazado y no le quedó otra opción que apelar a la autoridad de la comunidad científica. Para Lakatos el progreso implica la sustitución de un programa degenerativo por uno progresivo, constituyendo este último una mejora en el sentido de que permite predecir de modo más eficiente nuevos fenómenos. La noción de **predicción nueva** no es tan simple. El uso que hace Lakatos de las nuevas predicciones, parecido al popperiano, no cumple su objetivo, pues pueden citarse contraejemplos sencillos en las que el valor de un programa de investigación se demuestra por su capacidad de explicar fenómenos ya establecidos y familiares, no nuevos en el sentido popperiano (por ejemplo, la retrogradación de los planetas en el caso del sistema copernicano). El mismo Lakatos llegó a percatarse de ello. Deberíamos reformular su metodología de manera que un programa sea progresivo en la medida en que hace predicciones naturales, no tanto nuevas, que resultan confirmadas, donde "natural" se opone a "forzado" o "*ad hoc*".

La metodología ante a la historia

Lakatos compartió con Kuhn la preocupación por la historia de la ciencia. Entiende que en ella se dan episodios progresivos indiscutibles, que se pueden reconocer como tales previamente a toda filosofía de la ciencia. Cabe exigir que cualquier metodología o filosofía de la ciencia sea compatible con ellos. Lakatos critica las metodologías positivista y falsacionista con este tipo de argumentos, basándose en que no consiguen dar sentido a los episodios clásicos de progreso de la ciencia, y alega que su propia concepción no adolece del mismo defecto. Lakatos llegó a ver en la ayuda que presta a la historia de la ciencia la principal virtud de su metodología. El historiador debe intentar identificar los programas de investigación, caracterizar sus núcleos centrales y sus cinturones protectores, y documentar la manera en que progresaron o degeneraron. De este modo, mediante la competencia entre programas, se puede

comprender cómo progresa la ciencia. Lakatos estableció una distinción entre la valoración de un programa de investigación, que sólo puede hacerse con perspectiva histórica, y el consejo a los científicos, y negó que ofrecer éste fuera el propósito de su metodología. “No existe la racionalidad instantánea en ciencia”.

Algunos problemas de la metodología de Lakatos

Hay razones para dudar de que esta metodología sea adecuada descriptivamente:

- a) ¿Sirven conceptos como el de "núcleo central" para identificar los programas de investigación que presenta la historia de la ciencia? A veces los científicos tratan de resolver sus problemas ajustando los fundamentos de las teorías o programas con los que trabajan.
- b) ¿Son o no reales las decisiones metodológicas que tienen un papel tan importante en la concepción de Lakatos? Para Kuhn el análisis sociológico es el que tiene que revelar cómo y por qué los científicos trabajan de manera coordinada. Esto conduce a un relativismo inaceptable para Lakatos, para el que la cohesión se consigue mediante decisiones metodológicas racionales, pero no da respuesta al reproche de que estas decisiones no tienen realidad histórica ni a la cuestión del sentido en que se debieran considerar racionales.
- c) ¿Qué es lo característico del conocimiento científico? La metodología de Lakatos no da reglas para eliminar programas de investigación, porque es racional aferrarse a un programa degenerativo en la esperanza de que podrá enderezarse. Sólo permite juicios retrospectivos, con ayuda de la perspectiva histórica posterior.
- d) Lakatos defendió su metodología mediante el estudio de casos de las ciencias físicas en los últimos tres siglos, pero puede no ser apropiada en otras áreas. Ejemplo: los sistemas vivos necesitan de una gran complejidad para funcionar, no pueden aislarse componentes individuales, de modo que es posible que la biología exhiba diferencias importantes con la física. En las ciencias sociales, por su parte, el mismo conocimiento que se produce es un componente importante de los sistemas en estudio.

10. LA TEORÍA ANARQUISTA DE LA CIENCIA DE FEYERABEND

Hemos buscado una caracterización de la ciencia que permita distinguirla de otros tipos de conocimiento. Comenzamos con la idea positivista de que la ciencia es especial porque se deriva de los hechos. Sin embargo, los hechos no son lo bastante directos, dado que “dependen de la teoría” y son falibles, y dado que no se encontró una explicación clara de cómo las teorías “se derivan” de los hechos. Al falsacionismo no le iba mejor, porque, en situaciones realistas, no es posible localizar la causa de una predicción errónea, de modo que es casi tan difícil de ver la manera de falsar las teorías como la de confirmarlas. Tanto Kuhn como Lakatos trataron de resolver el problema fijando la atención en el armazón teórico con que trabajan los científicos. Sin embargo, Kuhn insistió tanto en que quienes laboran con paradigmas rivales “viven en mundos diferentes” que se quedó sin recursos para elucidar en qué sentido supone un paso adelante el cambio de paradigma en una revolución científica. Lakatos intentó evitar esa trampa, pero acabó con un criterio tan laxo para caracterizar la ciencia que pocas empresas intelectuales quedarían excluidas. Un filósofo de la ciencia que no se sorprendió de estos fracasos e intentó extraer todas sus consecuencias fue Paul Feyerabend, con su concepción “anarquista” de la ciencia, controvertida y sin embargo influyente.

Argumentación contra el método

Feyerabend publicó en 1975 el libro *Against method: Outline of an anarchistic theory of knowledge* en el que recusa todos intentos de exponer un método científico que capture su estatus especial, argumentando que no existe tal método y que, en realidad, la ciencia no posee ninguna característica por la que resulte

superior a otras formas de conocimiento. Feyerabend llegó a afirmar que, si existe un solo principio inmutable del método científico, éste es el de "todo vale".

Feyerabend intenta minar las caracterizaciones del método y el progreso presentadas por los filósofos. Toma ejemplos de cambios científicos que sus oponentes consideran instancias clásicas del progreso científico y muestra que, en cuanto hechos históricos, no se ajustan a las teorías de la ciencia propuestas por los filósofos. El principal ejemplo a que recurre es el trabajo de Galileo en física y astronomía. El positivismo y el inductivismo dicen que las innovaciones de Galileo pueden explicarse por la seriedad con que tomó los hechos observables y ajustó sus teorías para adaptarse a ellos. Para Feyerabend, lejos de aceptar los hechos que sus contemporáneos daban por demostrados, Galileo necesitó conquistar los sentidos con la razón. Ejemplos: su rechazo a la afirmación de que la Tierra es estacionaria y a la afirmación de que los tamaños aparentes de Venus y Marte no cambian apreciablemente en el transcurso del año. Su argumentación no apeló para tener éxito a resultados de la observación o la experimentación. Necesitó recurrir a la propaganda y a la astucia, y eso es lo que hizo. Feyerabend coincide con Kuhn en afirmar la inconmensurabilidad de teorías sucesivas, pero no cree que haya un modo legítimo de llegar al consenso de la comunidad científica.

Defensa de la libertad

Ante el fracaso de los intentos por captar las características especiales del conocimiento científico que lo hacen superior a otras formas de conocimiento, Feyerabend concluye que no se justifica el elevado rango atribuido a la ciencia en nuestra sociedad, ni la superioridad que se le supone, no sólo sobre, digamos, el marxismo, sino sobre cosas tales como la magia negra y el vudú. **El prestigio de la ciencia es un dogma peligroso.** La teoría de la ciencia de Feyerabend se sitúa dentro de un entramado ético que concede un alto valor a la libertad individual e implica una actitud que él califica de "humanitaria". Su concepción anarquista deja al individuo la libertad de elegir entre ciencia y otras formas de conocimiento y libera al científico de restricciones metodológicas. Feyerabend se opone a la actual institucionalización de la ciencia: en su sociedad ideal, el Estado es ideológicamente neutral entre las ideologías.

Puede criticarse en la visión que tiene Feyerabend de la libertad humana que sea enteramente negativa, en el sentido de que la entiende como ausencia de restricciones. Pero los individuos nacen en una sociedad preexistente que, en cierto sentido, tiene características que ellos ni eligen ni pueden elegir. Parecen pueriles las caprichosas especulaciones de Feyerabend acerca de una utopía en la que todos los individuos fueran libres de seguir sus inclinaciones sin restricción alguna. En el capítulo siguiente veremos qué puede salvarse del ataque de Feyerabend al método.

11. CAMBIOS METÓDICOS DEL MÉTODO

Sugiero que puede sostenerse el alegato de Feyerabend contra el método, **siempre que tengamos clara la noción de método que refuta.** Es cierto que no existe un método **universal** (aplicable a todas las ciencias) **y ahistórico** que contenga las normas que deben respetarse para merecer el título de "ciencia". Pero hay un camino intermedio, según el cual existen métodos y normas históricamente contingentes implícitos en las ciencias que han tenido éxito. Una crítica habitual a esta idea es que, para defender un cambio en el método científico que evite el relativismo radical, estoy obligado a mostrar de qué manera tal cambio es para mejor, pero, ¿mejor según qué normas? A menos que existan supernormas para juzgar esos cambios, no pueden ser interpretados de manera no relativista. Ahora bien, estas supernormas nos retrotraen al método universal, con lo cual no hay camino intermedio.

Vamos al ejemplo de Galileo, tan usado por Feyerabend. Un principio clave de la tradición aristotélica era que el conocimiento debía ser compatible con la evidencia de los sentidos. La confianza en los sentidos, incluyendo los datos obtenidos a simple vista, era "el criterio mismo de la ciencia". Para introducir el

telescopio, Galileo necesitaba desafiar este criterio, y al hacerlo efectuó un cambio en las normas de la ciencia. Feyerabend pensaba que Galileo no pudo imponer su punto de vista y tuvo que recurrir a la propaganda y a la astucia, pero los hechos históricos dicen algo distinto. Galileo recurrió al fenómeno de irradiación para contribuir al descrédito de las observaciones a simple vista de los planetas y para fundamentar su preferencia por las observaciones telescópicas. Con una demostración práctica sencilla, probó que la vista da información inconsistente al mirar fuentes de luz pequeñas, brillantes en comparación con su entorno, tanto en situaciones terrestres como celestes. Otro argumento era que los datos telescópicos acerca de los tamaños de Venus y Marte se correspondían precisamente con las predicciones de todas las teorías astronómicas serias de la época. Lo que no es cierto es que favorecieran especialmente la teoría copernicana. De hecho, Galileo convenció a todos sus rivales históricos en un breve lapso y dio el primer paso en lo que sería una tendencia común en la ciencia (la sustitución de los datos a simple vista por los obtenidos por medio de instrumentos), a la vez que violaba "el criterio mismo de la ciencia" y lo modificaba.

Cambio parcial de teoría, método y modelo

¿Cómo pudo Galileo modificar las normas? Porque había mucho en común entre él y sus rivales. Observaciones compartidas con el trasfondo de un objetivo también compartido fueron suficientes para que Galileo pudiera convencerles. En un estadio cualquiera de su desarrollo, una ciencia consta de algunos objetivos específicos (llegar a cierto conocimiento), los métodos necesarios para cumplir sus objetivos y normas que permitan juzgar en qué medida se han conseguido, además de hechos y teorías particulares que representan el estado actual de la representación en cuanto concierne a la realización de dichos objetivos. Cada detalle de esta red de entidades está sujeto a revisión a la vista de los resultados de la investigación. Ya se vio antes que las teorías y los hechos son falibles, y acabamos de dar un ejemplo de un cambio en el método y las normas. También puede cambiar el objetivo de una ciencia: por ejemplo, Boyle defendió la "filosofía mecanicista". En ella, las explicaciones adecuadas eran explicaciones últimas. Apelaban a las formas, tamaños, movimientos y choques de los corpúsculos, sin que se pensara que estas nociones necesitaran explicación. Los experimentos de Boyle sobre la física del aire le condujeron a explicar una serie de fenómenos, como el comportamiento de los barómetros, pero sus explicaciones no eran científicas desde el punto de vista mecanicista, puesto que no eran últimas (recurrir al peso y a la elasticidad no era admisible mientras estas mismas propiedades no hubieran sido explicadas en términos de mecanismos corpusculares). Sin embargo, a finales del siglo XVII ya se había abandonado el objetivo de las explicaciones últimas en física, por parecer utópico. La idea es, por tanto, que en un momento determinado puede modificarse cualquier parte de la red de entidades que constituyen una ciencia, sirviendo las partes restantes de esa red como telón de fondo contra el cual se darán las razones del cambio. No será ciertamente posible cambiar todo de una vez. Si fuera típico que los científicos rivales lo ven todo diferente desde el punto de vista de sus paradigmas respectivos y viven en mundos distintos, sería en verdad imposible decir objetivamente que la ciencia progresa, pero no hay situaciones en la ciencia, ni en su historia, que respondan a esta caricatura.

Los defensores del método universal podrían decir que, aunque mi exposición de Galileo ilustra un cambio de normas, apela a normas más generales. Por ejemplo, tanto Galileo como sus rivales exigían que sus explicaciones de las órbitas planetarias estuvieran respaldadas por pruebas adecuadas. Una vez revelados esos supuestos generales, son ellos los que constituyen el método universal y forman el telón de fondo contra el cual han de juzgarse progresivos los cambios propuestos por Galileo. Supongamos que tratamos de formular ciertos principios generales de la ciencia. Llamemos a esto la versión de sentido común del método científico. Concedo que **existe un método universal para el sentido común**. No obstante, si exigimos que se den más detalles en cuanto a qué puede servir de prueba y confirmación y qué tipos de afirmación pueden defenderse y cómo, veremos que estos detalles varían de una ciencia a otra y de un contexto histórico a otro. Pudiera ser que una formulación del método de sentido común bastase para contrarrestar ciertas tendencias en el estudio contemporáneo de la ciencia. Tengo en mente a esos

sociólogos de la ciencia y post-modernistas que niegan un estatus especial al conocimiento científico sobre la base de que esté necesariamente presente el interés de los científicos y grupos de científicos, su estatus financiero y social, los intereses profesionales y cosas de este estilo. El sentido común indica que no es lo mismo el propósito de mejorar el conocimiento de cómo se combinan los elementos químicos y el de mejorar la posición social de los químicos profesionales. Resulta curioso que los filósofos tradicionales de la ciencia hayan contribuido a abrir el camino a estos *levellers*, pues fueron ellos quienes supusieron que sólo puede distinguirse la ciencia de otros tipos de conocimiento con ayuda de una concepción filosóficamente articulada del método universal. Cuando fallan los intentos de establecer esa concepción, se abre la puerta a los *levellers*.

Hemos llegado al punto en el que estaba el debate en filosofía de la ciencia hacia 1985. Posteriormente se han desarrollado dos movimientos importantes. Uno de ellos se propone justificar el método universal adaptando una versión de la teoría de probabilidades. El segundo, centrándose en el experimento, trata de contrarrestar los excesos de las explicaciones de la ciencia con predominio de la teoría, en boga durante algún tiempo.

12. EL PUNTO DE VISTA BAYESIANO

Quizá se ha exagerado la falibilidad de las teorías en la que tanto han insistido los filósofos. Al fin y al cabo, los científicos parecen confiar suficientemente en ellas. Los filósofos bayesianos consideran que es inapropiado adscribir probabilidad cero, como hace Popper, a una teoría bien confirmada, y buscan algún tipo de inferencia inductiva que proporcione probabilidades distintas de cero. La clave es el **teorema de Bayes** sobre probabilidades condicionales, que se demuestra en el cálculo de probabilidades y prescribe cómo se ha de modificar una probabilidad a la luz de pruebas nuevas. Se puede escribir así:

$$P(h/e) = P(h).P(e/h):P(e)$$

donde **P(h)** es la **probabilidad previa** o probabilidad asignada a la hipótesis antes de toda consideración de la prueba **e**, y **P(h/e)** es la **probabilidad posterior**, la probabilidad después de tomar en cuenta la prueba **e**. La fórmula indica que la probabilidad previa **P(h)** se modifica por un factor de escala **P(e/h):P(e)** en función de la prueba **e**. **P(e/h)** es una medida de la probabilidad de **e** dado **h**. La medida en que una prueba respalda una hipótesis es proporcional al grado con que la hipótesis predice la prueba, lo que parece razonable. El divisor **P(e)** es una medida de lo probable que se considera la prueba si no se supone que la hipótesis **h** es cierta. Así, si se considera que una prueba es extremadamente probable tanto con una hipótesis como sin ella, esa hipótesis no recibe un apoyo importante si se confirma la prueba, mientras que, si la prueba es muy improbable a menos que se suponga la hipótesis, entonces recibe una alta confirmación. Un aspecto importante de la teoría bayesiana de la ciencia es que los cálculos de las probabilidades previa y posterior siempre tienen lugar contra un trasfondo de suposiciones que se dan por válidas (lo que Popper llama conocimiento de fondo).

Tipos de bayesianismo

Los propios bayesianos, eso sí, discrepan en cuanto a la naturaleza de las probabilidades involucradas.

- a) Para el **bayesianismo objetivo**, las probabilidades son las que los agentes racionales **deberían** subscribir en vista de la situación objetiva. Un problema importante de este esquema, en la ciencia al menos, es cómo asignar unas probabilidades previas objetivas a las hipótesis. ¿Cómo se llega a una lista finita de hipótesis que permita una distribución objetiva de probabilidades previas distintas de cero? Mi opinión es que este problema es insoluble.
- b) Para el **bayesianismo subjetivo**, las probabilidades del teorema de Bayes representan los grados de creencia en una teoría que los científicos tienen de hecho (estos bayesianos se apoyan mucho en la analogía con los sistemas de juego: es como la probabilidad que asignamos a que cierto caballo gane

una carrera). Escapan de este modo a la restricción de que la probabilidad de todas las hipótesis universales debe ser cero. No obstante, hay discrepancias. Dorling piensa, por ejemplo, que las probabilidades miden lo que se refleja en la práctica científica, y Howson y Urbach piensan que miden los grados subjetivos de creencia, que no es exactamente lo mismo.

Para quienes buscan una concepción objetiva de la ciencia, explicar el razonamiento científico en términos de las creencias subjetivas de los científicos puede resultar extraño, pero no hay diferencia a este respecto entre el bayesianismo y la lógica deductiva, puesto que esta tampoco tiene nada que decir acerca de la verdad de las premisas. Se puede llevar un paso más adelante la defensa bayesiana arguyendo que, por la propia mecánica del método, las creencias de los científicos particulares, por mucho que difieran en un comienzo, convergerán si reciben la información adecuada de las pruebas.

Aplicaciones de la fórmula de Bayes

El bayesianismo explica bien varios fenómenos mencionados con anterioridad:

- a) la ley de rendimientos decrecientes en la comprobación de una teoría mediante experimentos;
- b) la opinión ampliamente extendida de que una teoría la confirman mejor pruebas diversas que una prueba en particular, pues los esfuerzos por confirmar una teoría con una sola clase de pruebas tienen rendimientos decrecientes;
- c) se puede captar la racionalidad de la idea de Lakatos de que lo importante es la confirmación de un programa, y no las falsaciones, que siempre pueden achacarse a los supuestos del cinturón protector, con el ejemplo histórico de la reacción de Prout ante el hecho de que el peso atómico del cloro relativo al hidrógeno no fuera un número entero;
- d) se da una solución general al llamado "problema de Duhem-Quine": frente al problema de qué parte de la red de supuestos tiene la culpa de una falsación aparente, la respuesta es introducir las probabilidades previas apropiadas y calcular las probabilidades posteriores, las cuales mostrarán qué supuestos descienden fuertemente de probabilidad y deberían ser abandonados;
- e) también se justifica desechar las hipótesis *ad hoc* porque se consideran implausibles y se les asigna una probabilidad baja; los bayesianos también niegan que los datos utilizados en la construcción de una teoría no puedan ser usados para confirmarla.

Una dificultad, sin embargo, es que el bayesiano necesita estimar la probabilidad de la evidencia suponiendo que la hipótesis es verdadera, pero también la probabilidad en caso de ser falsa. El problema consiste en que parecería necesario estimar la posibilidad de la prueba a la luz de todas las hipótesis que no son ***h***, pero ningún científico puede conocer todas las alternativas posibles a ***h***. La respuesta es insistir en que las probabilidades del cálculo bayesiano representan probabilidades personales, esto es, atribuidas por los individuos a varias proposiciones a la luz de lo que saben.

Crítica del bayesianismo subjetivo

No obstante, el paso a las probabilidades subjetivas tiene algunas consecuencias desafortunadas:

- a) Cualquier desacuerdo entre proponentes de programas de investigación o paradigmas rivales reflejado en las creencias (posteriores) de los científicos debe tener su origen en las probabilidades previas por ellos asignadas, puesto que se supone que las pruebas son dadas y se considera que la inferencia es objetiva. Pero, como las probabilidades previas son totalmente subjetivas, quedan sin respuesta las preguntas por los méritos relativos de las teorías en competencia y por el sentido en que se puede decir que la ciencia progresa.
- b) Al convertirse el grado de creencia que tienen o tuvieron los científicos en una de las fuentes más importantes de información (la otra es la evidencia), se plantean dos problemas. Primero, el del acceso

al conocimiento de grados privados de creencia. Segundo, la implausibilidad de la idea de que necesitemos acceder a creencias privadas para captar el sentido en que una teoría representa un adelanto respecto de su predecesora. Y la cosa se agrava cuando observamos el grado de complejidad de la ciencia moderna y la medida en que implica trabajo en colaboración. Cuando no exista una única persona que capte todos los aspectos del complejo trabajo ¿elegiremos el grado de creencia de quién, y por qué?

- c) Al depender los grados de creencia de las probabilidades previas, parecería que, siempre que un científico crea con bastante fuerza en su teoría, ninguna prueba en contrario, por sólida que sea, debilitará su creencia. El bayesiano subjetivo no tiene manera de tildar tal actividad de mala práctica científica, ya que no permite enjuiciar las probabilidades previas.

Volvamos ahora a la naturaleza de las "pruebas" en el bayesianismo subjetivo. Las hemos tratado como algo dado. Sin embargo, ya se ha visto que las pruebas están lejos de ser dadas directamente en la ciencia. Ésta es una posición inaceptable para quienes intenten hablar del razonamiento científico, pues ¿no buscamos una descripción de lo que cuenta como prueba apropiada en ciencia? La gran mayoría de los filósofos de la ciencia desearían que se les dijera mucho más.

13. EL NUEVO EXPERIMENTALISMO

Para cierto grupo de filósofos, los problemas que afligen a la filosofía de la ciencia contemporánea deben afrontarse **combatiendo** la idea, anclada en la mayoría de las posturas que se han presentado, desde Popper hasta los bayesianos, de la **dependencia radical de la teoría**. Sin regresar a la idea positivista de que los sentidos proporcionan una base firme para la ciencia, buscan esa base no en la observación, sino en el experimento. Llamaré "**nuevo experimentalismo**" a esta tendencia. Según sus proponentes, los experimentos pueden tener **vida propia**, independiente de la teoría. Si se considera el progreso científico como la acumulación de conocimiento experimental, se puede restablecer la idea de **progreso acumulativo** en la ciencia sin conceder que existan revoluciones científicas que impliquen cambios en las grandes teorías.

Experimentos con vida propia

A finales del verano de 1820 llegó a Gran Bretaña información del descubrimiento por Oersted de que el efecto magnético de un alambre que transporta una corriente circula alrededor del alambre. Faraday emprendió un trabajo experimental para esclarecer el significado de este descubrimiento y al cabo de unos meses había construido lo que de hecho era un motor eléctrico primitivo. ¿Es apropiado considerar que este hallazgo de Faraday depende de la teoría y es falible? Faraday trataba de comprender los fenómenos eléctrico y magnético en términos de líneas de fuerza que parten de los cuerpos cargados eléctricamente y cubren el espacio que los rodea, mientras que los teóricos del continente pensaban en fluidos eléctricos existentes en los cuerpos aislantes y que fluían por los conductores, actuando entre sí a distancia los elementos del fluido. Estas eran las teorías en juego, y la apreciación del efecto de motor de Faraday no era "dependiente de la teoría" en el sentido de que dependiera de la aceptación o el conocimiento de alguna versión de una de las teorías rivales. Tampoco cabe considerar que el efecto de motor de Faraday sea falible. La explicación teórica de ese motor aceptada hoy difiere de las ofrecidas por Faraday y Ampère, pero el hecho es que el motor normalmente funciona. Parece difícil imaginar adelantos futuros en la teoría que lleven a la conclusión de que no funciona. Los **efectos experimentales que se pueden producir de modo controlado no son falibles**: están ahí para siempre. Un nuevo experimentalista como Hacking podrá enunciar una serie de estrategias de que disponen los experimentadores para verificar sus afirmaciones sin apelar a ninguna teoría de alto nivel.

La prueba experimental rigurosa

Deborah Mayo ha intentado captar las implicaciones del nuevo experimentalismo de un modo filosóficamente riguroso. Una idea clave es que sólo se puede decir que un experimento respalda una afirmación si se han **eliminado las posibles fuentes de error**, de modo que la afirmación probablemente no hubiera pasado la prueba a menos de ser cierta. Esta idea sencilla permite captar algunas intuiciones comunes acerca del razonamiento experimental. Mayo insiste en frenar la especulación teórica identificando las conclusiones teóricas que van más allá de la evidencia experimental existente. Su análisis de la prueba de Eddington de la predicción de Einstein sobre la curvatura de la luz en un campo gravitacional aclara este punto. Eddington aprovechó un eclipse de Sol para observar la posición relativa de estrellas cuya luz pasaba cerca del Sol en su camino hacia la tierra. Comparó las posiciones relativas con las observadas cuando las estrellas ya no estaban alineadas y próximas al Sol y detectó una diferencia medible. Examinando al detalle los experimentos del eclipse, Mayo argumenta que fue confirmada rigurosamente la ley de la gravedad de Einstein, consecuencia de su teoría general de la relatividad, pero que la teoría general de la relatividad propiamente dicha no lo fue, porque existían varias otras teorías del espacio-tiempo que predecían la ley de la gravedad de Einstein y, por tanto, los resultados de esos experimentos: para afirmar que los experimentos respaldan la teoría general de la relatividad hay que ir más allá de la evidencia experimental. Mayo detalla, por otra parte, cómo fueron consideradas y eliminadas las alternativas a la ley de Einstein. Así pues, las leyes experimentales pueden ser confirmadas mediante ensayos rigurosos según estas líneas. El aumento del conocimiento científico debe entenderse como la **acumulación y extensión de tales leyes experimentales**.

Aprender del error y revoluciones desencadenantes

Hemos dicho que los resultados experimentales confirman una afirmación cuando están libres de error y cuando los resultados no serían probables si fuera falsa. Pero Mayo afirma también que los experimentos bien realizados nos permiten aprender del error. Un experimento que permite detectar un error en un aserto previamente aceptado cumple tanto una función negativa como positiva, pues identifica un efecto previamente desconocido. El papel positivo lo ilustra la reformulación que hace Mayo del concepto de ciencia normal de Kuhn. Se vio que, según Popper, la astrología no es una ciencia por ser infalsable. Según Kuhn la astrología era (y es) falsable, pero la ciencia es capaz de aprender constructivamente de las falsaciones, mientras que la astrología no, pues existe en la ciencia normal una tradición de resolver problemas que falta en la astrología. Mayo coincide con Kuhn, identificando ciencia normal con experimentación, pero también señala que la capacidad del experimento para detectar y corregir el error puede ser suficiente para provocar una revolución científica o contribuir a ella, tesis decididamente no kuhniana. El mejor ejemplo de Mayo se refiere a los experimentos sobre el movimiento browniano llevados a cabo por Perrin, que establecieron que el movimiento de las partículas violaba la segunda ley de la termodinámica a la vez que se ajustaba a las predicciones detalladas de la teoría cinética. No se puede ser más revolucionario. El nuevo experimentalista niega que los resultados experimentales sean invariablemente dependientes de la teoría o del paradigma, por lo que no se puede apelar a ellos para decidir entre teorías. En la medida en que la vida experimental se mantenga independiente de la teoría especulativa, sus productos impondrán restricciones a la teoría. Las revoluciones científicas son "racionales" por cuanto se nos imponen mediante los resultados experimentales.

El nuevo experimentalismo en perspectiva

No hay duda de que el nuevo experimentalismo ha puesto a la filosofía de la ciencia con los pies en la tierra y corrige adecuadamente algunos excesos del esquema de la dependencia de la teoría. No obstante, sería equivocado considerarlo la respuesta total a nuestra pregunta acerca del carácter de la ciencia. Los nuevos experimentalistas tienen razón al insistir en que es un error ver en cada experimento un intento por responder a una pregunta planteada por la teoría y en que así se subestima el hecho de que el experimento puede tener vida propia, pero sigue siendo cierto que la teoría guía a menudo el trabajo experimental y que

ha señalado el camino hacia el descubrimiento de nuevos fenómenos. Después de todo, fue una predicción de la teoría general de la relatividad de Einstein lo que motivó las expediciones de Eddington. Tan pronto como surge la necesidad de dar a los resultados experimentales un significado que vaya más allá de las situaciones en que se obtuvieron, es preciso hacer referencia a una teoría.

Mayo se esfuerza en mostrar cómo se aplica la estadística a experimentos cuidadosamente controlados, en tanto que muestra de la población de experimentos de cierto tipo, para alcanzar resultados con un alto grado de probabilidad. Pero, ¿qué se considera experimentos del mismo tipo? La respuesta común es que deben ser similares en los aspectos relevantes, pero la apreciación de lo que es relevante recurre al conocimiento presente y puede cambiar cuando este conocimiento mejora. Dejando de lado este problema, las consideraciones teóricas se hacen cruciales en cuanto se ve que los resultados experimentales tienen una significación que va más allá de las condiciones específicas en que se produjeron. Esto es evidente en la manera en que la propia Mayo argumenta que los experimentos del eclipse confirmaron la ley de la gravedad de Einstein. Se encontró que las alternativas, una a una, eran deficientes. Pero, dado que no se puede excluir la posibilidad de que alguna modificación de la teoría newtoniana o una teoría del éter, desconocidas aún, sean capaces de explicar los resultados de los experimentos del eclipse, su argumentación acerca de las leyes y teorías científicas se reduce a afirmar que han resistido pruebas rigurosas mejor que cualquier otro competidor disponible. La única diferencia entre Mayo y los popperianos es que ella tiene una versión superior de lo que es una prueba rigurosa. El nuevo experimentalismo no ha mostrado cómo se puede eliminar la teoría de la ciencia.

14. ¿POR QUÉ EL MUNDO HABRÍA DE OBEDECER LEYES?

Dedicamos los dos últimos capítulos a cuestiones no epistemológicas, sino ontológicas (qué tipo de entidades pueblan el mundo). Es un lugar común que el mundo está regido por leyes y que la tarea de la ciencia es descubrirlas. Sin embargo, Boyle señaló un problema fundamental en el siglo XVII. La noción de ley se origina en la esfera social. Las leyes de la sociedad son o no obedecidas por los individuos, que comprenden tanto las leyes como las consecuencias de violarlas. ¿Qué significa que los sistemas materiales de la naturaleza obedecen leyes? Mal podrán entender las leyes y menos aún violarlas.

Las leyes como regularidades

Una respuesta común a la pregunta “¿Qué hace que la materia obedezca leyes?” es negar su legitimidad. Esta línea de pensamiento la inició Hume y ha sido muy influyente desde entonces. Es la llamada visión de las leyes como **regularidad**: nada hace que la materia obedezca leyes, puesto que estas no son otra cosa que regularidades *de facto* entre sucesos.

Objeciones a esta postura:

- a) No se distinguen las regularidades accidentales de las de tipo ley. Puede que los obreros de Londres cuelguen las herramientas cuando suenan las sirenas de las fábricas en Manchester al final de una jornada laboral, pero, aunque esta generalización no conozca excepciones, difícilmente se considerará una ley de la naturaleza.
- b) No se identifica la dirección de la dependencia causal: existe una conexión de regularidad entre el hábito de fumar y el cáncer de pulmón, pero porque el fumar causa cáncer de pulmón, no a la inversa.
- c) Por tanto, que los sucesos exhiban cierta regularidad no es **condición suficiente** para que ésta constituya una ley. Pero, además, probablemente tampoco sea una **condición necesaria**. Si se pretende que las leyes sean regularidades sin ninguna excepción, será muy difícil encontrar candidatos serios a leyes, por falta de las regularidades apropiadas. Las regularidades importantes para la ciencia y que indican un comportamiento de tipo ley suelen ser resultado de una experimentación detallada.

Una respuesta obvia a estas observaciones consistiría en expresar la postura en forma condicional (“regularidad siempre que no existan factores perturbadores”). Pero si aceptamos esto, tendremos que aceptar también que las leyes se aplican sólo cuando se satisfacen las condiciones. Como la satisfacción de las condiciones adecuadas sólo se obtendrá normalmente mediante montajes experimentales especiales, habría que concluir que las leyes científicas se aplican sólo dentro de las situaciones experimentales y no fuera de ellas. ¿No choca esto con nuestra intuición? Si las leyes científicas deben aplicarse tanto fuera como dentro de las situaciones experimentales, dichas leyes no pueden identificarse con las regularidades alcanzables en dichas situaciones. Ya vimos que esta dificultad estaba presente también en el nuevo experimentalismo.

Las leyes como representaciones de potencias o disposiciones

Una salida simple a los problemas que plantea la idea de ley consiste en tomarse en serio el hecho la idea de sentido común de que el mundo material es activo. Las cosas suceden en el mundo porque las entidades que lo pueblan poseen la capacidad, potencia, disposición o tendencia a actuar de la manera en que lo hacen. Las leyes de la naturaleza podrían representar estas disposiciones, tendencias, potencias o capacidades. La ley de la caída de los cuerpos de Galileo describe la disposición que poseen los objetos pesados de caer al suelo con aceleración uniforme, y la ley de la gravitación de Newton describe el poder de atracción entre los cuerpos con masa. Desde este punto de vista, es fácil entender por qué son necesarios los experimentos para obtener información que permita descubrir una ley: es necesario separar de las otras tendencias aquellas que corresponden a la ley que se investiga. Causas y leyes están íntimamente ligadas: los sucesos están causados por la acción de entidades particulares que tienen la capacidad de actuar como causas. Esta es la respuesta al problema de Boyle: la obediencia a las leyes deriva de la causación eficiente. Se resuelve también el problema de la generalización del conocimiento adquirido en los experimentos: aceptado que las entidades del mundo son lo que son en virtud de las potencias y capacidades que poseen, cabe suponer que las leyes que describen dichas potencias y capacidades identificadas en los montajes experimentales se aplican también fuera de éstos. No comprendo la renuencia de la mayoría de los filósofos a aceptar, por parecerles primitiva, una ontología que incluya disposiciones o potencias. Quizás las razones sean en parte históricas. Sin embargo, no tiene por qué haber nada de misterioso o epistemológicamente sospechoso en recurrir a potencias, tendencias y cosas similares. Los científicos recurren sistemáticamente a ellas.

Llamaré **visión causal** de las leyes a la opinión de que las leyes caracterizan potencias causales. No obstante, debe reconocerse que existen leyes importantes en ciencia que se ajustan difícilmente a este esquema. No encajan la primera y segunda leyes de la termodinámica (en un sistema aislado, la energía es constante y la entropía no decrece), capaces de predecir el comportamiento de sistemas físicos sin entrar en las causas que los producen. Un rasgo característico de la termodinámica es que se aplica a nivel macroscópico cualesquiera que sean los detalles del proceso causal subyacente, y es esta particularidad lo que impide que sean interpretadas como leyes causales. Análogamente, la mecánica newtoniana se puede formular causalmente, pero también con arreglo a las formulaciones de Hamilton y Lagrange, que requieren expresiones de las energías potencial y cinética de un sistema en función de las coordenadas necesarias para determinarlas. La evolución de un sistema puede quedar completamente especificada introduciendo estas expresiones en las ecuaciones de movimiento, sin conocimiento detallado de los procesos causales que intervienen.

Para resumir, un conjunto amplio de leyes de la física pueden considerarse leyes causales. Cuando esto es posible, la pregunta de Boyle sobre qué es lo que hace que los sistemas se comporten según leyes tiene una respuesta inmediata. La actuación de las potencias y capacidades causales caracterizadas por leyes hace que los sistemas las obedezcan. Sin embargo, existen leyes fundamentales en física que no se pueden interpretar así. En estos casos, la citada pregunta no tiene respuesta fácil.

15. REALISMO Y ANTIRREALISMO

Suele suponerse que la ciencia describe tanto el mundo observable como el que está detrás de las apariencias. Esto es básicamente lo que afirma el **realismo**. Sin embargo, muchos filósofos de la ciencia contemporáneos se muestran contrarios a él. Una fuente de dudas deriva de que afirmaciones acerca del mundo inobservable tienen que ser hipotéticas, ya que trascienden lo que puede establecerse sobre la base de la observación. El realismo parece demasiado temerario: afirma más de lo que puede defenderse razonablemente. La reflexión histórica refuerza estas dudas, pues muchas teorías del pasado resultaron en efecto temerarias. La parte duradera de la ciencia es la que se basa en la observación y en la experimentación. Las teorías son un mero andamiaje del que se puede prescindir cuando deja de ser útil. Esta es la posición típica **antirrealista**. Los realistas podrían preguntar: ¿cómo pueden tener tanto éxito las teorías científicas que incluyen entidades inobservables, como campos electromagnéticos y electrones, si no describen correctamente lo inobservable? El antirrealista, en respuesta, subrayaría la inconclusión de las pruebas en favor de la parte teórica de la ciencia, señalando que también muchas teorías del pasado tuvieron éxito, pese a no ser descripciones correctas de la realidad.

Antirrealismo global: lenguaje, verdad y realidad

Existe un antirrealismo global que suscita la cuestión de cómo un lenguaje de cualquier tipo, incluido el científico, puede entrar en contacto con el mundo. Solo podemos ver el mundo desde nuestras perspectivas humanamente generadas y describirlo en el lenguaje de nuestras teorías. El antirrealismo global niega que tengamos acceso a la realidad, y no sólo dentro de la ciencia. Ningún conocimiento puede gozar de una posición privilegiada como representación del mundo, porque carecemos de un acceso a él que pudiera servir para justificarlo. Pero este paso es arbitrario. Aunque no podamos describir el mundo sin utilizar algún tipo de armazón conceptual, sí que podemos comprobar la adecuación de estas descripciones mediante la interacción con el mundo.

Se supone a menudo que la noción de verdad tiene un papel importante en los debates sobre el realismo. La teoría de la verdad que más satisface las necesidades de los realistas es la llamada teoría de la **verdad como correspondencia**. Una proposición es verdadera si las cosas son como dice la proposición que son, y falsa si no lo son. Un problema de esta idea de verdad es que su uso puede llevar a paradojas como esta: una tarjeta en la que pone por una cara "La proposición escrita en la otra cara de esta tarjeta es verdadera", y por la otra cara: "La proposición escrita en la otra cara de esta tarjeta es falsa". El lógico Tarski demostró cómo se pueden evitar las paradojas en un sistema de lenguaje determinado, distinguiendo cuidadosamente las proposiciones en el sistema de lenguaje del que se habla, el "lenguaje objeto", de las proposiciones en el sistema de lenguaje en el que se habla del lenguaje objeto, el "metalenguaje". No surge ninguna paradoja si se sigue la regla de que cada una de las proposiciones debe pertenecer al lenguaje objeto o al metalenguaje, pero no a los dos. Tarski demostró que se puede elaborar una idea de verdad para todas las proposiciones del lenguaje, resultado que tuvo ciertamente una gran importancia técnica para la lógica matemática. La idea de verdad de sentido común puede emplearse libre de las paradojas que parecían amenazarla. Desde este punto de vista, una teoría científica dice verdad acerca del mundo **si el mundo es de la manera que la teoría dice que es**. En la medida en que nuestra discusión sobre el realismo implica una noción de verdad, ésta es la noción que emplearé. Quienes defienden el antirrealismo global arguyen que la teoría de la verdad como correspondencia no escapa del lenguaje para describir una relación entre las proposiciones y el mundo, como pretende, aunque esta objeción no parece justificada.

En cualquier caso, el debate tradicional respecto de la ciencia entre realistas y antirrealistas se refiere a si las teorías científicas deberían pretender alcanzar la verdad sin restricciones o si sólo tratan de afirmar algo acerca del mundo observable. Desde los dos lados se ve que la ciencia busca la verdad en algún sentido, y desde ninguno de ellos se apoya el antirrealismo global, que dejaremos por tanto de lado.

El antirrealista sostiene que el contenido de una teoría científica comprende solamente las afirmaciones que se pueden verificar mediante la observación o la experimentación. Muchos antirrealistas son **instrumentalistas**: para ellos las teorías no son sino instrumentos útiles que ayudan a correlacionar y predecir los resultados de la observación y de los experimentos. No tiene sentido hablar de que una teoría sea verdadera o falsa. Otros, como van Fraassen, no son instrumentalistas, en cuanto que piensan que las teorías son realmente verdaderas o falsas, aunque consideran que esto no tiene interés para la ciencia, pues el mérito de una teoría debe juzgarse por su generalidad y simplicidad y por la medida en que está respaldada por la observación y conduce a nuevos tipos de observación. Van Fraassen llama **empirismo constructivo** a su posición. Un nuevo experimentalista que vea el desarrollo de la ciencia en términos de crecimiento controlable de los efectos científicos, y nada más, podría ser calificado de antirrealista en este sentido.

Una motivación subyacente al antirrealismo parece ser evitar la especulación arbitraria. La historia muestra que la parte teórica de la ciencia no está establecida con seguridad. No sólo han sido desechadas como falsas algunas teorías del pasado, sino que ya no se cree que existan ni las entidades que postulaban. Sin embargo, el antirrealista insistirá en que, a pesar de ello, desempeñaron un papel positivo como ayuda para ordenar, e incluso descubrir, fenómenos observables. Parece plausible entonces evaluar las teorías únicamente en términos de su **capacidad de ordenar y predecir fenómenos observables**. Las teorías son simplemente el andamiaje que sirve para erigir la estructura de conocimiento observacional y experimental, y pueden desecharse una vez cumplida su misión.

Objeciones típicas y respuesta antirrealista

El análisis acerca de la dependencia de la teoría y la falibilidad de la observación y el experimento plantea un problema para el antirrealista. Si los enunciados observacionales y los resultados experimentales son aceptables en la medida en que superen las pruebas, pero pueden ser reemplazados en el futuro a la luz de nuevas pruebas más sutiles, el realista podría aplicar igual razonamiento a las teorías, negando que haya una distinción fundamental entre el conocimiento observacional y el teórico, distinción sobre la que el antirrealista basa su posición. No obstante, al nivel de la experimentación el antirrealista no necesita negar que la teoría desempeña un papel en el descubrimiento de nuevos efectos experimentales, siempre que subraye que estos nuevos efectos pueden ser valorados y manipulados de forma independiente de la teoría (supuesto que este sea el caso) y que este conocimiento experimental no se pierde cuando se da un cambio radical de teoría.

Otra objeción típica al antirrealismo se refiere al éxito de las teorías en sus predicciones: ¿cómo justificarlo si no fueran verdaderas, al menos aproximadamente? Este argumento tiene especial fuerza cuando una teoría conduce al descubrimiento de un nuevo tipo de fenómeno. Sin embargo, el hecho de que una teoría sea productiva no implica que sea verdadera, como lo prueba el que teorías del pasado lo hayan sido sin que se consideren ya verdaderas. Las especulaciones de Maxwell sobre el desplazamiento del éter condujeron a la predicción de las ondas de radio.

Un par de ejemplos históricos que se aducen contra el antirrealismo:

- a) Al adoptar una interpretación no literal de Copérnico, Osiander se libró de la necesidad de encarar las dificultades planteadas a la teoría copernicana, mientras que realistas como Copérnico y Galileo se vieron obligados a enfrentarlas y tratar de solucionarlas: luego el antirrealismo no es productivo. El antirrealista puede responder que este ejemplo es una caricatura de su posición, pues él siempre insiste en que las teorías sean generales y unificadas, que abarquen un amplio conjunto de fenómenos, por lo que está igual de motivado que el realista.
- b) En las décadas finales del siglo XIX, varios antirrealistas notables rehusaron aceptar literalmente la teoría atómica, pensando que los átomos inobservables no caben en la ciencia o deberían ser tratados

como ficciones útiles. Pero al poco la teoría fue aceptada por todos los científicos, lo que muestra la esterilidad del antirrealismo. La respuesta antirrealista es que sólo debiera juzgarse la verdad o falsedad de la parte de la ciencia susceptible de confirmación por la observación y la experimentación, aunque es cierto que al progresar la ciencia el número de afirmaciones susceptibles de ser confirmadas experimentalmente aumenta. Para ellos, la teoría atómica no quedó establecida en el siglo XIX, sino en el XX.

Realismo científico y realismo conjetural

En cuanto al realismo, una versión muy fuerte del mismo sería lo que algunos han llamado **realismo científico**: la ciencia persigue alcanzar enunciados verdaderos acerca de lo que hay en el mundo y de cómo se comporta éste a todos los niveles, no sólo al nivel de la observación. Más aún, la ciencia ha conseguido llegar a teorías que son ciertas, al menos aproximadamente, y descubierto al menos algo de lo que hay. No podemos saber si las teorías actuales son ciertas, pero son más ciertas que las anteriores, y seguirán siendo aproximadamente verdaderas cuando sean reemplazadas en el futuro por otras más precisas. Se asegura que el realismo científico es lo que mejor explica el éxito de la ciencia y se puede probar acudiendo a la historia de la ciencia igual que se prueban las teorías científicas (por eso se denomina “científico”).

Un problema clave para esta versión fuerte del realismo se origina en la medida en que la historia revela que la ciencia es falible y revisable. La historia de la óptica proporciona un sólido ejemplo. ¿Cómo se puede interpretar que las sucesivas teorías avanzan hacia una representación cada vez más aproximada de lo que hay en el mundo, cuando lo que es evidente es su drástica fluctuación? Primero se caracteriza la luz en términos de partículas, después, como ondas en un medio elástico, después, como campos fluctuantes en sí mismos, y después, como fotones. Ciertamente otros ejemplos, como la historia del electrón, parecen encajar mejor en la imagen realista. Hacking argumenta que se puede mostrar que una entidad de la ciencia es real manipulándola de modo controlado para producir efectos en alguna otra entidad. Si se pueden producir rayos de positrones y dirigirlos contra un blanco para causar efectos de modo controlado, ¿cómo no van a ser reales, aunque no se puedan observar directamente? Si se adopta este criterio para juzgar lo que es real, el ejemplo de la óptica quizás no sea significativo.

Algunos realistas creen que el realismo científico es demasiado fuerte y tratan de matizarlo. Popper y sus seguidores defienden lo que puede denominarse **realismo conjetural**. Se subraya la falibilidad del conocimiento y se admite que teorías del pasado han sido falsadas y reemplazadas por teorías superiores. Sin embargo, se sostiene que el objetivo de la ciencia es descubrir la verdad acerca de lo que existe realmente y las teorías se valoran por la medida en que se puede decir que cumplen este objetivo. El propio hecho de que podamos declarar falsas teorías pasadas indica que tenemos una idea clara del ideal que no alcanzaron. Si bien el realista conjetural insiste en que su postura es la más fructífera en ciencia, la considera un realismo más filosófico que científico. Un problema importante de este tipo de realismo es la debilidad de sus afirmaciones, pues, aun cuando la ciencia lograra teorías y representaciones verdaderas del mundo, no habría manera de saberlo. ¿Qué diferencia hay entre este punto de vista y el de los antirrealistas más sofisticados?

Idealización

Una típica objeción al realismo es que no puede tomarse la teoría por una descripción literal de la realidad porque **las descripciones teóricas están idealizadas**, mientras que el mundo no. La ciencia newtoniana hace inevitablemente aproximaciones, por ejemplo en astronomía, al tratar los planetas como masas concentradas en un punto o esferas homogéneas, y otras similares. Además, los parámetros que se adoptan para caracterizar sistemas en el mundo, como la posición y la velocidad de un planeta, se manejan en ecuaciones matemáticas exactas como si fueran indefinidamente precisos, siendo que las mediciones experimentales van siempre acompañadas de cierto margen de error. Ahora bien, aunque toda medición experimental sea indudablemente inexacta, no se sigue de ello que las cantidades medidas no tengan

valores precisos. Si se acepta que el concepto causal de las leyes puede tener sentido en ciencia cuando falla la idea de regularidad, entonces las leyes describen capacidades causales que actúan detrás de las apariencias y se combinan con otras capacidades para producir los acontecimientos resultantes observados. Es decir, **el concepto causal de ley es realista**.

Realismo no representativo o realismo estructural

Si consideramos las versiones más sofisticadas del realismo y el antirrealismo, las dos parecen tener puntos importantes en su favor. ¿Existe alguna posibilidad de captar lo mejor de ambos mundos? Yo he tratado de hacerlo en el pasado con una postura que llamé **realismo no representativo**, similar a la desarrollada por John Worrall, que él denomina **realismo estructural**. La historia de la óptica constituye el ejemplo más problemático desde el punto de vista realista, por lo que nos centraremos en ella. Los realistas popperianos insistirán en que, por ejemplo, la teoría ondulatoria de la luz de Fresnel ha sido falsada, pues no hay éter elástico y la teoría no es capaz de explicar problemas como el efecto fotoeléctrico. Pero lo cierto es que la luz se comporta como una onda en numerosas circunstancias. Había algo más en la teoría de Fresnel que el simple éxito de sus predicciones, pues captaba acertadamente un aspecto correcto de la luz. Desde el punto de vista contemporáneo, las ecuaciones de Fresnel proporcionan descripciones verdaderas, no falsas, de una amplia serie de fenómenos ópticos, pese a que han sido desechadas algunas de las interpretaciones de Fresnel. Las teorías científicas del pasado hacían predicciones exitosas en la medida en que captaban, al menos aproximadamente, la estructura de la realidad (su éxito no es ningún milagro inexplicable), pero el progreso de la ciencia a menudo reemplaza las representaciones que acompañan a dichas estructuras (como el éter elástico). Hay cambios en las representaciones, pero un refinamiento constante de la estructura matemática, de modo que los términos “realismo no representativo” y “realismo estructural” están justificados ambos.

16. EPÍLOGO

Me reafirmo en que **no existe** una descripción general de la ciencia y del método científico que se aplique a **todas las ciencias en todas las etapas históricas** de su desarrollo. La filosofía no cuenta con los recursos necesarios para hacerla. En cierto sentido, la pregunta que sirve de título al libro está equivocada. Sin embargo, hacer una caracterización de las diversas ciencias en distintos estadios es una tarea importante. Eso es lo que he tratado de hacer para las ciencias físicas desde la época de la revolución científica hasta el presente. Esta tarea implica describir la naturaleza de las ciencias físicas mediante ejemplos históricos apropiados. Los ejemplos apropiados tienen relación con la forma en que funcionan las ciencias físicas en cuanto conocimiento. La filosofía de la ciencia se hace mediante ejemplos históricos que esclarecen la función epistemológica de la ciencia. No es, ciertamente, el único tipo de ejemplo posible o importante. No obstante, dado que una serie de “estudios sociales de la ciencia” aseguran que no es posible un estudio epistemológico como el ofrecido en este libro sin prestar la atención debida a todos los sentidos en que la ciencia es social, he deseado mostrar, simplemente haciéndolo, que lo que consideran imposible puede en verdad hacerse.

Permítaseme volver ahora al bayesianismo y el nuevo experimentalismo, en vista de que no acepto la existencia de un método universal. El bayesianismo se presenta como un intento de explicar el razonamiento científico en general. Sin embargo, lo que proporciona es una manera general de ajustar la probabilidad que se asigna a las creencias cuando aparecen nuevas pruebas. En nada apoya la eventual existencia de un método universal. Los nuevos experimentalistas, por su parte, han revelado algunos rasgos importantes de los experimentos y sus logros dentro de las ciencias físicas y biológicas, pero su explicación no puede tomarse como **la** explicación universal de la ciencia. En primer lugar, esta explicación es irrelevante en otras disciplinas, particularmente en las ciencias sociales e históricas, en las que la manipulación experimental es imposible o inapropiada. En segundo, es incompleta por cuanto no incluye

una explicación adecuada de los diversos papeles que la teoría representa en la ciencia. La cuestión del papel del experimento en la ciencia y su relación con la teoría es compleja y se relaciona con la historia.

Una última observación acerca de la relación existente entre las visiones de la ciencia exploradas en este libro y el trabajo de los científicos. Puesto que he negado que exista una explicación universal de la ciencia y defendido la idea de que solo puede llegarse a una explicación adecuada de las diversas ciencias mediante la mirada atenta a las propias ciencias, se podría concluir que sobran las opiniones de los filósofos de la ciencia y que sólo importan las de los propios científicos. Sin embargo, hay que tener en cuenta que los científicos son especialmente buenos a la hora de hacer progreso científico, pero no a la de distanciarse de su trabajo para describir y caracterizar su naturaleza.