

## LA INFERENCIA DE TEORÍAS A PARTIR DE LOS HECHOS: LA INDUCCIÓN

### INTRODUCCIÓN

En los primeros capítulos del libro hemos considerado la idea de que lo característico del conocimiento científico es que se deriva a partir de los hechos. Alcanzamos un punto en el que dedicamos atención algo detallada a la naturaleza de los hechos observacionales y experimentales, hechos que pueden ser estimados como la base de la cual se deriva el conocimiento científico, si bien vimos que estos hechos no se pueden establecer de forma tan directa y segura como por lo común se supone. Supongamos, por tanto, que se pueden establecer hechos apropiados en ciencia. Debemos encarar ahora la cuestión de cómo se puede derivar el conocimiento científico a partir de esos hechos.

La expresión “la ciencia se deriva de los hechos” puede ser interpretada como significando que el conocimiento científico se construye estableciendo primero los hechos y edificando después la teoría que se ajusta a ellos. Discutimos este punto de vista en el capítulo 1 y lo desechamos por irrazonable. El aspecto que deseo explorar comprende la interpretación de “derivar” en un cierto tipo de sentido lógico, más que temporal. Independientemente de lo que ocurra primero, los hechos o la teoría, la cuestión a estudiar es en qué medida se apoya la teoría en los hechos. La afirmación más fuerte posible sería que la teoría puede derivarse lógicamente de los hechos, esto es, que dados los hechos, se puede probar la teoría como una consecuencia de ellos. Esta afirmación fuerte no puede ser justificada. Para ver por qué esto es así, debemos considerar algunos de los rasgos característicos del razonamiento lógico.

### LÓGICA PARA BEBES

La lógica se ocupa de la deducción de unos enunciados a partir de otros dados. Estudia qué se sigue de qué. No se intentará dar aquí una explicación y valoración detalladas de la lógica o razonamiento deductivo. Más bien señalaré, con la ayuda de algunos ejemplos sencillos, ciertos aspectos que serán suficientes para nuestro propósito. He aquí un ejemplo de razonamiento lógico perfectamente adecuado o, para usar un término técnico usado por los lógicos, perfectamente válido.

#### Ejemplo 1

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

En este argumento, (1) y (2) son las premisas y (3) es la conclusión. Es evidente, creo, que si (1) y (2) son verdaderas, (3) ha de ser verdadera. No es posible que (3) sea falsa si (1) y (2) son verdaderas. Afirmar la verdad de (1) y (2) y negar (3) es contradecirse. Esta es la característica clave de una deducción lógicamente válida. Si las premisas son verdaderas, entonces la conclusión es verdadera. La lógica es la preservación de la verdad. Una ligera modificación del ejemplo (1) nos proporcionará un caso de argumento no válido.

#### Ejemplo 2

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

### 3. Este libro es aburrido.

En este ejemplo, (3) no se sigue necesariamente de (1) y (2). Aunque (1) y (2) sean verdaderas, puede suceder que este libro sea, sin embargo, uno de los pocos libros de filosofía que no son aburridos. Aceptar que (1) y (2) son verdaderas y que (3) es falsa no supone una contradicción. El argumento no es válido. El lector se puede sentir ya aburrido. Las experiencias de este tipo tienen que ver, ciertamente, con la verdad de los enunciados (1) y (3) en los ejemplos 1 y 2. Pero una cuestión que hay que señalar aquí es que la lógica y la deducción por sí solas no pueden establecer la verdad de unos enunciados fácticos del tipo que figura en nuestros ejemplos. Lo único que la lógica puede ofrecer a este respecto es que, sí las premisas son verdaderas, entonces la conclusión debe ser verdadera. Pero el hecho de que las premisas sean verdaderas o no no es una cuestión que se pueda resolver apelando a la lógica. Una argumentación puede ser una deducción perfectamente válida aunque conlleve una premisa falsa. He aquí un ejemplo.

#### Ejemplo 3

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

Esta es una deducción perfectamente válida. Sí (1) y (2) son verdaderas, entonces (3) debe ser verdadera. Sucede que en este ejemplo (1) y (3) son falsas, pero esto no afecta al hecho de que el argumento es válido. En un sentido fuerte, la lógica por sí sola no es fuente de nuevas verdades. La verdad de los enunciados fácticos que constituyen las premisas de los argumentos no puede establecerse apelando a la lógica. La lógica sólo puede revelar qué se sigue de los enunciados que tenemos a nuestro alcance, o qué, en cierto sentido, está contenido ya en ellos. En contraposición con esta limitación, tenemos la gran fuerza de la lógica, que es su carácter preservador de la verdad. Si estamos seguros de que nuestras premisas son verdaderas, entonces todo lo que se derive lógicamente de ellas será también verdadero.

### **¿PUEDEN DERIVARSE LAS LEYES CIENTÍFICAS A PARTIR DE LOS HECHOS?**

Después de la discusión que acabamos de hacer acerca de la naturaleza de la lógica, se puede mostrar fácilmente que el conocimiento científico no puede derivarse de los hechos, si "derivar" se interpreta como "deducir lógicamente". Algunos ejemplos sencillos de conocimiento científico bastarán para ilustrar este punto básico. Consideremos algunas leyes científicas de nivel inferior, tales como "todos los metales se dilatan al ser calentados" o "los ácidos ponen rojo el papel de tornasol". Son ejemplos de lo que los filósofos califican de enunciados universales. Se refieren a todos los acontecimientos de un tipo particular, esto es, a todas las ocasiones en que se calienten metales y a todas las ocasiones en que se sumerja en ácido el papel de tornasol. El conocimiento científico contiene invariablemente enunciados generales de este tipo. La situación es completamente distinta cuando se trata de los enunciados observacionales que constituyen los hechos que sirven de prueba a las leyes científicas generales. Estos hechos observables o resultados experimentales son afirmaciones específicas acerca de un estado de cosas en un tiempo particular. Son lo que los filósofos llaman enunciados singulares e incluyen declaraciones tales como "la longitud de una barra de cobre aumenta al ser ésta calentada" o "el papel de tornasol se volvió rojo al sumergirlo en una probeta de ácido clorhídrico". Supongamos que tenemos a nuestra disposición un gran número de hechos de este tipo como base desde la que esperamos derivar algún conocimiento científico (sobre metales o ácidos, en el caso de nuestros ejemplos). ¿Qué tipo de razonamiento puede conducirnos desde estos hechos, como premisas, a las leyes científicas que intentamos derivar como conclusiones? En el caso del ejemplo relativo a la dilatación de los metales, se puede esquematizar el razonamiento de la manera siguiente:

Premisas

1. El metal  $x_1$  se dilató al calentarlo en la ocasión  $t_1$
2. El metal  $x_2$  se dilató al calentarlo en la ocasión  $t_2$
- n. El metal  $x_n$  se dilató al calentarlo en la ocasión  $t_n$

Conclusión Todos los metales se dilatan al ser calentados

Éste no es un razonamiento lógicamente válido. Carece de las características básicas de un razonamiento de este tipo. Sencillamente, no es cierto que si los enunciados que constituyen las premisas son verdaderos la conclusión deba ser también verdadera. Por muchas observaciones que tengamos de metales dilatándose, esto es, por muy grande que sea  $n$  en nuestro ejemplo, no puede haber garantía lógica de que alguna muestra de metal no se contraiga en alguna ocasión al ser calentada. No existe contradicción alguna al afirmar simultáneamente que todos los ejemplos conocidos de calentamiento de metales han dado por resultado una dilatación y que es falso que "todos los metales se dilatan al ser calentados".

La nitidez de este punto es ilustrada por un ejemplo algo truculento atribuido a Bertrand Russell. Cuenta que un pavo descubrió en su primera mañana en la granja que le daban comida a las 9. Después de ver repetida la experiencia diariamente durante semanas, el pavo creyó que podía seguramente sacar la conclusión "Siempre como a las 9 de la mañana". Pero, ¡ay! se demostró de manera indudable que esta conclusión era falsa cuando, la víspera de la Navidad, en vez de darle la comida le cortaron el cuello.

El razonamiento del pavo le condujo desde un número de observaciones verdaderas a una conclusión falsa, lo que indica claramente la invalidez del razonamiento desde el punto de vista lógico. Los razonamientos del tipo que he ilustrado con el ejemplo de la dilatación de los metales, que proceden desde un número finito de hechos específicos hasta una conclusión general, se llaman razonamientos inductivos, para distinguirlos de los razonamientos lógicos, deductivos. Una característica de los razonamientos inductivos que los diferencia de los deductivos es 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 van invariablemente más allá de la cantidad finita de la evidencia observable que puede soportarlas, y ésta es la razón por la cual no pueden nunca ser probadas en el sentido de ser deducidas lógicamente de dicha evidencia.

### **¿QUÉ CONSTITUYE UN BUEN ARGUMENTO INDUCTIVO?**

Hemos visto que si el conocimiento científico ha de entenderse como derivado de los hechos, este "derivarse" debe comprenderse en un sentido inductivo más que deductivo. Pero, ¿cuáles son las características de un buen razonamiento inductivo? La cuestión es de importancia fundamental, puesto que está claro que no están justificadas todas las generalizaciones que se puedan hacer a partir de los hechos observables. Algunas nos parecerán demasiado apresuradas o basadas en una evidencia insuficiente; así, quizás, cuando atribuimos injustamente cierto rasgo a todo un grupo étnico basándonos en algún tropiezo desagradable con sólo un par de vecinos. ¿Bajo qué circunstancias precisamente es lícito aseverar que una ley científica ha sido "derivada" de un número finito de pruebas observacionales y experimentales?

Un primer intento de respuesta a esta pregunta consiste en la exigencia de que, para que esté justificada la inferencia inductiva desde los hechos observables hasta las leyes, deben ser satisfechas las condiciones siguientes:

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

La condición 1 se considera necesaria, porque evidentemente no es lícito concluir que todos los metales se dilatan al ser calentados basándose en una sola observación de la dilatación de una barra de hierro, por ejemplo, de la misma

manera que no es lícito concluir que todos los australianos son unos borrachos basándose en la observación de un australiano embriagado. Serán necesarias una gran cantidad de observaciones independientes antes de que se pueda justificar cualquier generalización. Un buen razonamiento inductivo no saca conclusiones precipitadas. Un medio de aumentar el número de observaciones en los ejemplos mencionados sería calentar repetidas veces una misma barra de metal u observar de modo continuado a un australiano que se emborracha noche tras noche, y quizás día tras día. Evidentemente, una lista de enunciados observacionales obtenidos de ese modo formarían una base muy insatisfactoria para las respectivas generalizaciones. Por eso es necesaria la condición 2. "Todos los metales se dilatan al ser calentados" sólo será una generalización lícita si las observaciones de la dilatación en las que se basa abarcan una amplia variedad de condiciones. Habría que calentar diversos tipos de metales, barras largas, barras cortas, barras de plata, barras de cobre, etc., a alta y baja presión, a altas y bajas temperaturas, etc. Sólo si en todas las ocasiones el resultado es la dilatación, es lícito generalizar por inducción a la ley general. Además, es evidente que si se observa que una determinada muestra de metal no se dilata, entonces no estará justificada la generalización a ley. La condición 3 es esencial.

Lo anterior puede resumirse en el siguiente enunciado del principio de inducción:

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

Esta caracterización de la inducción presenta problemas serios. Consideremos la condición 1, la exigencia de un gran número de observaciones. Es un problema la vaguedad de "gran número". ¿Se requieren cien, mil o más observaciones? Seguramente se produciría una gran arbitrariedad si se tratara de introducir precisión eligiendo aquí un número. Los problemas no se detienen aquí. Muchas veces, la exigencia de un gran número de ocasiones parece inapropiada. Como ilustración, consideremos la fuerte reacción pública contra la guerra nuclear que provocó el lanzamiento de la primera bomba atómica en Hiroshima al final de la Segunda Guerra Mundial. La reacción se basaba en la constatación de la vastedad de destrucción y sufrimiento humano que causan las bombas atómicas. Y, sin embargo, esta creencia generalizada, y seguramente razonable, se basaba en una sola y dramática observación. De manera similar, muy terco tendría que ser el investigador que insistiera en poner su mano en el fuego muchas veces antes de concluir que el fuego quema. Consideremos un ejemplo menos fantástico relacionado con la práctica científica. Supongamos que reproduzco un experimento descrito recientemente en una revista científica y envío mis resultados para su publicación. Con seguridad, el editor de la revista rechazará mi artículo explicándome que el experimento ya ha sido hecho. La condición 1 está plagada de problemas. También la condición 2 presenta problemas serios que se originan en las dificultades que rodean la cuestión de qué se debe entender por una variación significativa en las circunstancias. ¿Qué es lo que cuenta como una variación significativa en las circunstancias bajo las cuales ha de investigarse la dilatación de un metal calentado? ¿Es necesario cambiar el tipo de metal, la presión y la hora del día? La respuesta es "sí" en el primer caso y quizá en el segundo, pero "no" en el tercero. Pero, ¿en qué se basa esta respuesta? La pregunta es importante, porque, a menos que se pueda responder, puede ampliarse indefinidamente la lista de variaciones añadiendo un sinnúmero de nuevos cambios, tales como el tamaño del laboratorio, o el color de los calcetines del experimentador. Si no se pueden eliminar las variaciones "superfluas", nunca podrán ser satisfechas las condiciones bajo las cuales la inferencia inductiva pueda ser aceptada. ¿Cuáles son las bases, por tanto, para considerar superfluo un cierto rango de variaciones posibles? La respuesta desde el sentido común es bastante simple. Recurrimos al conocimiento previo de la situación para distinguir entre los factores que podrían influir en el sistema que estamos investigando y los que no. Nuestros conocimientos sobre los metales y las diversas maneras en que se puede actuar sobre ellos nos conducen a la expectativa de que su comportamiento físico dependerá del tipo de metal y de la presión sobre él y no de la hora del día ni del color de los calcetines del experimentador. Recurrimos al depósito de los conocimientos actuales para que nos ayude a juzgar cuál es una circunstancia relevante que podría ser necesario modificar a la hora de investigar la generalidad de un efecto investigado.

Esta respuesta al problema es seguramente correcta. Sin embargo, supone una dificultad en el caso de una versión suficientemente fuerte de la afirmación de que el conocimiento científico debe derivarse de los hechos por

inducción. El problema surge al preguntar cómo se justifica a sí mismo el conocimiento al que se recurre cuando se juzga si cierta circunstancia es o no relevante para el fenómeno que se investiga (tal como la dilatación de los metales). Si exigimos que se llegue a ese conocimiento por inducción, nuestro problema se hace recurrente, puesto que los nuevos razonamientos inductivos requerirán ellos mismos la especificación de las circunstancias relevantes, y así sucesivamente. Cada razonamiento inductivo involucra la llamada a un conocimiento previo, que requiere un razonamiento inductivo que lo justifique, que a su vez implica una llamada a otro conocimiento previo, y así sucesivamente en una cadena sin fin. El requisito de que todo conocimiento se justifique por inducción se convierte en algo que no puede cumplirse.

Incluso la condición 3 es problemática, pues pocos conocimientos científicos sobrevivirían a la exigencia de que no se conozca ninguna excepción. Es éste un punto que será discutido con cierto detalle en el capítulo 7.

## **OTROS PROBLEMAS QUE PRESENTA EL INDUCTIVISMO**

Recordemos la posición según la cual el conocimiento científico se deriva de los hechos observables por algún tipo de inferencia inductiva. Esta postura se denomina inductivismo e inductivistas a quienes la subscriben. Ya hemos señalado una serie de problemas que le son inherentes, en particular el problema de establecer bajo qué condiciones, precisamente, una generalización constituye una buena inferencia inductiva. Esto es, no está claro lo que significa la inducción. Hay además otros problemas en la postura inductivista.

A poco que se reflexione sobre el conocimiento científico contemporáneo, ha de admitirse que gran parte de él se refiere a lo inobservable. Se refiere a cosas tales como protones y electrones, genes y moléculas de ADN, etc. ¿Cómo encaja un conocimiento de este tipo en la posición inductivista? En cuanto que el razonamiento inductivo implica algún tipo de generalización a partir de hechos observables, parecería que no podría proporcionar ningún conocimiento de lo inobservable. Toda generalización que parte de hechos del mundo observable no puede ofrecer otra cosa que generalizaciones que parten de hechos del mundo observable. Por consiguiente, el conocimiento científico del mundo inobservable no puede establecerse por el tipo de razonamiento inductivo que hemos discutido, lo cual pone a los inductivistas en la incómoda posición de rechazar gran parte de la ciencia contemporánea, basados en que implica ir más allá de lo que se puede justificar mediante generalización inductiva de lo observable.

Otro problema tiene su origen en el hecho de que muchas leyes científicas toman la forma de leyes exactas que se formulan matemáticamente. La ley de la gravitación, que enuncia que la fuerza entre dos masas cualesquiera es proporcional al producto de las masas dividido por el cuadrado de la distancia entre ellas, es un ejemplo sencillo. En comparación con la exactitud de estas leyes, tenemos la inexactitud de toda medición que constituya su evidencia observable. Es bien sabido que toda observación está sujeta a un cierto grado de error, tal y como se refleja en la práctica de los científicos, que escriben el resultado de una medición particular en la forma  $x \pm dx$  donde  $dx$  representa el margen de error estimado. Si las leyes científicas son generalizaciones inductivas de hechos observables, es difícil ver cómo podría uno escapar a la inexactitud de las medidas que constituyen las premisas de los argumentos inductivos. Es difícil entender cómo se podría nunca justificar leyes exactas sobre la base de evidencia inexacta.

Un tercer problema para el inductivista es el viejo y consabido chasco filosófico denominado el problema de la inducción. El problema surge para todo el que subscriba la opinión de que el conocimiento científico, en todos sus aspectos, deba ser justificado bien apelando a la lógica (deductiva), bien derivándolo de la experiencia. David Hume fue un filósofo del siglo XVIII que pensaba así; fue él quien articuló claramente el problema que voy a destacar.

El problema surge cuando se suscita la cuestión de cómo la inducción ha de justificarse a sí misma. ¿Cómo se demuestra el principio de inducción? Quienes son de la opinión en discusión tienen sólo dos opciones, o bien la justifican recurriendo a la lógica, o bien a la experiencia. Ya hemos visto que la primera opción no sirve. Las

inferencias inductivas no son inferencias lógicas (deductivas). Nos queda sólo la segunda opción, esto es, el intento de justificar la inducción apelando a la experiencia. ¿Cómo sería una justificación semejante? Probablemente, sería algo así. Se ha observado que la inducción funciona en un gran número de ocasiones. Por ejemplo, las leyes de la óptica, derivadas por inducción de los resultados de experimentos de laboratorio, se han utilizado en numerosas ocasiones para diseñar instrumentos ópticos, y estos instrumentos han funcionado de modo satisfactorio. Asimismo, las leyes del movimiento planetario, derivadas inductivamente de observaciones de las posiciones de los planetas, se han empleado con éxito para predecir eclipses y conjunciones. Se podría ampliar esta lista con informes de predicciones y explicaciones exitosas, que suponemos hechas sobre la base de leyes y teorías científicas derivadas inductivamente. De este modo, así reza la argumentación, se justifica la inducción por la experiencia. Esta justificación de la inducción es inaceptable, lo cual se puede ver tan pronto como se desmonta esquemáticamente la forma de la argumentación como sigue:

El principio de inducción funcionó con éxito en la ocasión x1

El principio de inducción funcionó con éxito en la ocasión x2, etc.

El principio de inducción funciona siempre

Aquí se infiere un enunciado universal que afirma la validez del principio de inducción a partir de cierta cantidad de instancias individuales que registran aplicaciones con éxito. Por lo tanto, la argumentación es inductiva y, en consecuencia, el intento de justificar la inducción apelando a la experiencia da por supuesto lo que trata de probar. Implica justificar la inducción apelando a la inducción y es, por tanto, completamente insatisfactoria.

Un intento de evitar el problema de la inducción consiste en debilitar la exigencia de que el conocimiento científico sea verdadero, y se conforme con la afirmación de que se puede demostrar que el conocimiento científico es probablemente verdadero a la luz de la evidencia. Así, la inmensa mayoría de las observaciones que se pueden invocar en apoyo de la afirmación de que materiales más densos que el aire caen a la tierra, si bien no nos permiten probar la verdad de la afirmación, sí garantizan el aserto de que ésta es probablemente verdadera. De acuerdo con esto, podemos reformular el principio de inducción de forma que diga: "Si en una amplia variedad de condiciones se ha observado un gran número de A, y si todos estos A observados poseen la propiedad B, entonces, probablemente todos los A poseen la propiedad B". Esta reformulación no supera el problema de la inducción. El principio reformulado sigue siendo un enunciado universal. Basándose en un número finito de éxitos, implica que todas las aplicaciones del principio conducirán a conclusiones probablemente verdaderas. Por consiguiente, los intentos por justificar la versión probabilística del principio de inducción apelando a la experiencia encierran un recurso a argumentos inductivos del tipo que se trata de justificar, tal y como hizo el principio en su forma original. Existe otro problema básico con las interpretaciones según las cuales los argumentos inductivos conducen a la verdad probable, en lugar de a la verdad. El problema surge tan pronto como se trata de precisar cuán probable es una ley o teoría a la luz de una evidencia especificada. Puede parecer intuitivamente plausible que, a medida que aumenta el apoyo observacional que recibe una ley universal, aumente también la probabilidad de que sea verdadera. Pero esta intuición no resiste un examen. Según la teoría de probabilidades comúnmente aceptada, es difícil evitar la conclusión de que la probabilidad de una ley general es igual a cero, sea cual fuere la evidencia observacional. Para decirlo de una manera no técnica, cualquier evidencia observacional constará de un número finito de enunciados observacionales, mientras que una ley general hace afirmaciones acerca de un número infinito de casos posibles. La probabilidad de la ley a la luz de la evidencia es, por tanto, un número finito dividido por infinito, lo cual sigue siendo cero por mucho que aumente el número finito de pruebas. Visto de otro modo, siempre habrá un número infinito de enunciados generales compatibles con un número finito de enunciados observacionales, de la misma manera que existe una infinidad de curvas que pueden trazarse pasando por un número finito de puntos. Es decir, siempre existirá un número infinito de hipótesis compatibles con un número finito de pruebas. Por consiguiente, la probabilidad que tiene cada una de ser verdad es igual a cero. En el capítulo 12 analizaremos una posible manera de resolver el problema.

En esta sección y en la anterior hemos desvelado dos tipos de problemas con la idea de que el conocimiento científico se deriva de los hechos por algún género de inferencia inductiva. El primero se refería al asunto de especificar qué es un argumento inductivo adecuado, y el segundo a la circularidad involucrada en los intentos de justificar la inducción. Considero que el primer problema es más grave que el segundo. Todo intento de dar una explicación de la ciencia ha de tropezar con un problema similar, y ésta es la razón por la que no tomo el problema de la inducción demasiado en serio. Encontraremos necesariamente dificultades si buscamos justificaciones racionales a todos los principios que usamos, pues no podemos ofrecer un argumento racional al propio argumento racional sin presuponer lo que estamos tratando de probar. Ni siquiera la lógica se deja probar sin una petición de principio. Sin embargo, se puede especificar con un alto grado de precisión lo que constituye un argumento deductivo válido, mientras que no ha sido puesto en claro en absoluto lo que constituye un buen argumento inductivo.

## EL ATRACTIVO DEL INDUCTIVISMO

El párrafo siguiente, escrito por un economista del siglo XX, contiene una expresión concisa del punto de vista inductivista de la ciencia, esto es, la opinión, discutida en los primeros capítulos de este libro, de que el conocimiento científico se deriva de los hechos por inferencia inductiva. Si tratamos de imaginar cómo utilizaría el método científico una mente de poder y alcance sobrehumanos, pero normal por lo que se refiere a los procesos lógicos de su pensamiento... el proceso sería el siguiente:

*En primer lugar, se observarían y registrarían todos los hechos sin seleccionar/los ni hacer conjeturas a priori en lo que se refiere a su importancia relativa. En segundo lugar, se analizarían, compararían y clasificarían los hechos registrados y observados, sin más hipótesis o postulados que los que necesariamente supone la lógica del pensamiento. En tercer lugar, se harían generalizaciones inductivas referentes a las relaciones clasificatorias o causales que hay entre los hechos, a partir de ese análisis de ellos. En cuarto lugar, la investigación posterior sería tanto deductiva como inductiva, utilizando inferencias realizadas a partir de generalizaciones previamente establecidas (la cita, debida a A.B. Wolfe, está en Hempel (1966, p.11)).*

Hemos visto que la idea de que la colección de hechos puede y debe tener lugar antes de la adquisición y aceptación de todo conocimiento no soporta el análisis. Sugerir otra cosa equivale a creer que mis observaciones acerca de la flora del sotobosque australiano serían más valiosas que las de un botánico profesional justamente porque yo sé poco de botánica. Rechacemos esta parte de la caracterización de la ciencia que hace nuestro economista; lo que queda es una concepción con un cierto atractivo y está esquematizada en la figura 2. 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. Una vez que se cuenta con este conocimiento general, se puede recurrir a él para hacer predicciones y ofrecer explicaciones.



FIGURA 2

Consideremos el siguiente argumento:

1. El agua completamente pura se congela a unos  $0^{\circ}\text{C}$  (si se le da tiempo suficiente).
2. El radiador de mi coche contiene agua completamente pura.
3. Si la temperatura baja a  $0^{\circ}\text{C}$ , el agua del radiador de mi coche se congelará (si se le da tiempo suficiente).

Aquí tenemos un ejemplo de argumentación lógica válida para deducir la predicción 3 del conocimiento científico contenido en la premisa 1. Si 1 y 2 son verdaderas, 3 debe ser verdadera. Sin embargo, la verdad de 1, 2 y 3 no se establece gracias a ésta o a otra deducción. Para un inductivista, la fuente de la verdad no es la lógica, sino la experiencia. Desde este punto de vista, 1 se determinará por observación directa del agua congelada. Una vez que se han establecido 1 y 2 mediante la observación y la inducción, se puede deducir de ellas la predicción 3. Ejemplos menos triviales serán más complicados, pero los papeles que desempeñan la observación, la inducción y la deducción siguen siendo en esencia los mismos. Como ejemplo final consideraremos la explicación inductivista de cómo puede la ciencia física explicar el arco iris.

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

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

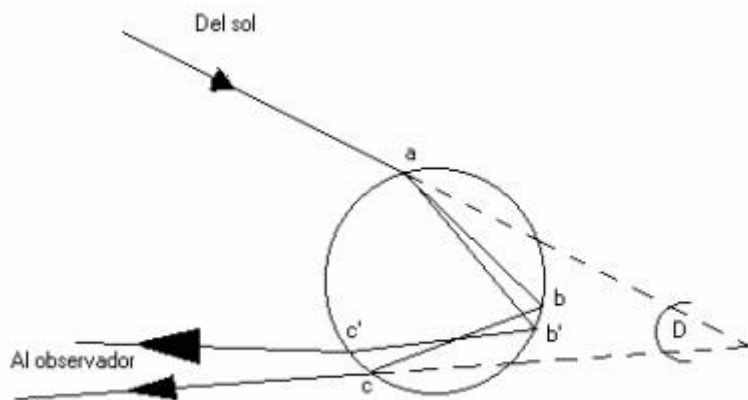


FIGURA 3



Dadas las leyes de la óptica y las condiciones iniciales, es posible entonces efectuar deducciones que proporcionen una explicación de la formación de un arco iris visible para el observador. Estas deducciones ya no serán tan evidentes como en nuestros ejemplos anteriores y supondrán tanto argumentaciones matemáticas como verbales. La argumentación será más o menos la siguiente. Si suponemos que una gota de lluvia es aproximadamente esférica, entonces el trayecto de un rayo de luz a través de una gota de agua será más o menos el dibujado en la figura 3. Si un rayo de luz blanca incide en una gota de lluvia en  $a$ , entonces, si la ley de la refracción es verdadera, el rayo rojo viajará a lo largo de la línea  $ab$  y el rayo azul a lo largo de  $ab'$ . Si las leyes que rigen la reflexión son verdaderas, entonces  $ab$  debe reflejarse a lo largo de  $bc$  y  $ab'$  a lo largo de  $b'c'$ . De nuevo la refracción en  $c$  y  $c'$  se determinará mediante la ley de la refracción, de modo que un observador que contemple la gota de lluvia verá los componentes rojo y azul de la luz blanca por separado (y también todos los demás colores del espectro). Nuestro observador también podrá ver la misma separación de colores en cualquier gota de lluvia que esté situada en una parte del cielo tal que la línea que une la gota de lluvia con el Sol forme un ángulo  $D$  con la línea que une la gota de lluvia con el observador. Así pues, las consideraciones geométricas proporcionan la conclusión de que el observador podrá ver un arco coloreado, siempre que la nube de lluvia esté suficientemente extendida.

En esta ocasión sólo he bosquejado la explicación del arco iris, pero lo que se ofrece debe bastar para ejemplificar la forma general del razonamiento implicado. Dado que las leyes de la óptica son verdaderas (y para el inductivista ingenuo eso se puede establecer por inducción a partir de la observación) y dado que las condiciones iniciales están descritas de modo preciso, se sigue necesariamente la explicación del arco iris. Se puede resumir de la siguiente manera la forma general de todas las explicaciones y predicciones científicas:

1. Leyes y teorías
2. Condiciones iniciales
3. Predicciones y explicaciones

Ésta es la etapa representada en el lado derecho de la figura 2.

La concepción inductivista básica de la ciencia tiene ciertos méritos aparentes. Su atractivo parece residir en el hecho de que proporciona una explicación formalizada de algunas de las intuiciones comunes acerca de las características peculiares del conocimiento científico, esto es, de su objetividad, confiabilidad y utilidad. En esta sección hemos discutido la concepción inductivista de la ciencia en cuanto a que hace posible predicciones y explicaciones.

La objetividad de la ciencia, tal y como la interpreta el inductivista, se deriva de la medida en que la observación, la inducción y la deducción son consideradas ellas mismas objetivas. Se entiende que los hechos observables son establecidos por el uso sin prejuicios de los sentidos, de manera que no haya lugar a que se inmiscuya la opinión subjetiva. Tampoco hay lugar para la opinión subjetiva en cuanto a los razonamientos inductivo y deductivo, puesto que son adecuados en la medida en que se adaptan a los criterios de idoneidad formulados públicamente. O las inferencias satisfacen las normas objetivas o no las satisfacen.

La fiabilidad de la ciencia se sigue de las afirmaciones del inductivista acerca de la observación y de ambos razonamientos, el inductivo y el deductivo. 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. Además, esta seguridad se transmitirá a las leyes y teorías derivadas de ellos inductivamente siempre que se respeten las condiciones para generalizaciones inductivas adecuadas. Esto está garantizado por el principio de inducción, que se supone que forma la base de la ciencia. Hemos visto que, aunque pueda parecer atractiva, la posición inductivista necesita, en el mejor de los casos, una matización severa, y en el peor, es totalmente inadecuada. Hemos visto que los hechos apropiados para la ciencia no son de ninguna manera dados directamente sino que tienen que ser prácticamente contruidos, dependen, en aspectos importantes, del conocimiento que presuponen, con una complejidad pasada por alto en el esquematismo de la figura 2, 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 de modo que pueda servir para distinguir una generalización justificada de los hechos de otra rápida o apresurada, tarea ésta formidable, dada la capacidad de sorprender que tiene la naturaleza; sirva de ejemplo el descubrimiento de que los líquidos superrefrigerados pueden fluir hacia arriba. En el capítulo 12 discutiremos algunos intentos recientes de salvar de sus dificultades la concepción inductivista de la ciencia. Entretanto, dirigiremos la atención en los dos capítulos próximos a un filósofo que trata de esquivar los problemas proponiendo una visión de la ciencia que no incluye la inducción.

## **INTRODUCCIÓN DEL FALSACIONISMO INTRODUCCIÓN**

Karl Popper ha sido el defensor más vigoroso de una alternativa al inductivismo, a la cual me referiré como “falsacionismo”. Popper recibió su educación en Viena en los años veinte de este siglo, en un tiempo en que el positivismo lógico estaba siendo articulado por un grupo de filósofos que llegaron a ser conocidos como el Círculo de Viena. Rudolph Carnap era uno de los miembros más famosos; el choque y el debate entre sus seguidores y los de Popper habían de ser un rasgo característico de la filosofía de la ciencia hasta los años sesenta. El propio Popper ha contado cómo llegó a desencantarse con la idea de que la ciencia es especial porque puede derivarse de hechos; de cuantos más, mejor. Recelaba de la manera en que veía a freudianos y marxistas fundar sus teorías interpretando un amplio rango de ejemplos de la conducta humana o del cambio histórico, respectivamente, en términos de sus teorías, suponiendo que de este modo las soportaban. Al parecer de Popper, estas teorías no podían nunca equivocarse porque eran lo suficientemente flexibles como para acomodar y hacer compatible con ellas cualquier ejemplo de conducta humana o de cambio histórico. Por consiguiente, no podían de hecho explicar nada porque no eran capaces de excluir nada, a pesar de que aparentaban ser teorías poderosas confirmadas por un amplio conjunto de hechos. Popper comparó esto con el famoso experimento que hizo Eddington en 1919 para comprobar la teoría general de la relatividad de Einstein. La teoría de Einstein implicaba que los rayos de luz deberían curvarse al pasar cerca de objetos de gran masa, tales como el Sol. Por consiguiente, una estrella situada por detrás del Sol tendría que aparecer desplazada respecto de la dirección según la cual sería observada de no existir esta curvatura. Eddington buscó este desplazamiento mirando la estrella en un tiempo en el que la luz del Sol quedara bloqueada por un eclipse. Resultó que el desplazamiento pudo ser observado y la teoría de Einstein recibió su confirmación. Pero Popper insiste en que pudo no haber sido así y en que la teoría general de la relatividad corría un riesgo al hacer una predicción específica y experimentable y eliminar toda observación que entrara en conflicto con dicha predicción. Popper concluyó que las teorías genuinamente científicas, al hacer predicciones definidas, eliminan un cúmulo de situaciones observables de un modo que escapaba, a su parecer, a las teorías freudianas y marxistas. Llegó a la idea clave de que las teorías científicas son falsables. Los falsacionistas admiten francamente que la observación es guiada por la teoría y la presupone. También se congratulan de abandonar cualquier afirmación que implique que las teorías se pueden establecer como verdaderas o probablemente verdaderas a la luz de la evidencia observacional. Las teorías se construyen como conjeturas o suposiciones especulativas y provisionales que el intelecto humano crea libremente en un intento de solucionar los problemas con que tropezaron las teorías anteriores y de proporcionar una explicación adecuada del comportamiento de algunos aspectos del mundo o universo. Una vez propuestas, las teorías especulativas han de ser comprobadas rigurosa e implacablemente por la observación y la experimentación. Las teorías que no superan las pruebas observacionales y experimentales deben ser eliminadas y reemplazadas por otras conjeturas especulativas. La ciencia progresa gracias al ensayo y el error, a las conjeturas y refutaciones. Sólo sobreviven las teorías más aptas. Aunque nunca se puede decir lícitamente de una teoría que es verdadera, se puede decir con optimismo que es la mejor disponible, que es mejor que cualquiera de las que han existido antes. Para los falsacionistas, no surgen problemas acerca de la caracterización y la justificación de la inducción porque, según ellos, la ciencia no implica la inducción.

El contenido de este resumen condensado del falsacionismo se completará en los dos capítulos siguientes.

## **UNA CUESTIÓN LÓGICA FAVORABLE AL FALSACIONISMO**

Según el falsacionismo, se puede demostrar que algunas teorías son falsas apelando a los resultados de la observación y la experimentación. En este punto hay una cuestión lógica simple que parece apoyar al falsacionista. Ya he indicado en el capítulo 4 que, aunque supongamos que disponemos de alguna manera de enunciados observacionales verdaderos, nunca es posible llegar a leyes y teorías universales basándose sólo en deducciones lógicas. Por otro lado, es posible efectuar deducciones lógicas partiendo de enunciados observacionales singulares como premisas, y llegar a la falsedad de teorías y leyes universales mediante una deducción lógica. Por ejemplo, si tenemos el enunciado "En el lugar x y en el momento t se observó un cuervo que no era negro", entonces de esto se sigue lógicamente que "Todos los cuervos son negros" es falso. Esto es, la argumentación:

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

Conclusión: No todos los cuervos son negros,

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

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

## **LA FALSABILIDAD COMO CRITERIO DE TEORÍAS**

El falsacionista considera que la ciencia es un conjunto de hipótesis que se proponen a modo de ensayo con el propósito de describir o explicar de un modo preciso el comportamiento de algún aspecto del mundo o universo. Sin embargo, no todas las hipótesis lo consiguen. Hay una condición fundamental que cualquier hipótesis o sistemas de hipótesis debe cumplir si se le ha de dar el estatus de teoría o ley científica. Si ha de formar parte de la ciencia, una hipótesis ha de ser falsable. Antes de seguir adelante, es importante aclarar la utilización que hace el falsacionista del término "falsable". He aquí algunos ejemplos de afirmaciones simples que son falsables en el sentido deseado:

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

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

Una hipótesis es falsable si existe un enunciado observacional o un conjunto de enunciados observacionales lógicamente posibles que sean incompatibles con ella, esto es, que en caso de ser establecidos como verdaderos, falsarían la hipótesis.

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

5. O llueve o no llueve,

6. Todos los puntos de un círculo euclídeo equidistan del centro.

7. Es posible tener suerte en la especulación deportiva.

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

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

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

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

Si esta caricatura es típica del modo en que funciona la teoría adleriana, entonces la teoría no es falsable. Es compatible con cualquier tipo de comportamiento humano y, precisamente por eso, no nos dice nada acerca del comportamiento humano. Por supuesto, antes de rechazar la teoría de Adler sobre esta base, sería necesario investigar los detalles de la teoría en vez de su caricatura. Pero hay un montón de teorías sociales, psicológicas y

religiosas que despiertan la sospecha de que, en su afán de explicarlo todo, no explican nada. La existencia de un Dios amante y el hecho de que se produzca un desastre pueden ser compatibles interpretando que el desastre se nos envía para castigarnos o para probarnos, según lo que parezca más adecuado a la situación. Muchos ejemplos del comportamiento animal pueden ser considerados como una prueba en favor de la afirmación "Los animales están hechos de modo que puedan cumplir mejor la función para la que están destinados". Los teóricos que actúan de esta manera incurren en los argumentos evasivos del adivino y están sujetos a las críticas del falsacionista. Para que una teoría posea un contenido informativo, ha de correr el riesgo de ser falsada.

### **GRADO DE FALSABILIDAD, CLARIDAD Y PRECISIÓN**

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

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

(a) Marte se mueve en una elipse alrededor del Sol.

(b) Todos los planetas se mueven en elipses alrededor del Sol.

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

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

Las teorías sumamente falsables se deben preferir, pues, a las menos falsables, siempre que no hayan sido falsadas de hecho. Para el falsacionista esta puntualización es importante. Las teorías que han sido falsadas tienen que ser rechazadas de forma tajante. La empresa científica consiste en proponer hipótesis sumamente falsables, seguidas de intentos deliberados y tenaces de falsarlas. Como dice Popper (1969, p. 231, cursivas en el original):

*Por ello puedo admitir con satisfacción que los falsacionistas como yo preferimos con mucho un intento de resolver un problema interesante mediante una conjetura audaz, aunque pronto resulte ser falsa (y*

*especialmente en ese caso), a cualquier recital de una serie de truismos improcedentes. Lo preferimos porque creemos que ésa es la manera en que podemos aprender de nuestros errores; y que al descubrir que nuestra conjetura era falsa habremos aprendido mucho sobre la verdad y habremos llegado más cerca de la verdad.*

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

Como la ciencia aspira a lograr teorías con un gran contenido informativo, los falsacionistas dan la bienvenida a la propuesta de audaces conjeturas especulativas. Se han de estimular las especulaciones temerarias siempre que sean falsables y siempre que sean rechazadas al ser falsadas. Esta actitud de "a vida o muerte" choca con la precaución recomendada por el inductivista extremo. Según éste, sólo aquellas teorías de las que se puede demostrar que son verdaderas o probablemente verdaderas habrán de ser admitidas en la ciencia. Sólo debemos ir más allá de los resultados inmediatos de la experiencia en la medida en que nos guíen inducciones legítimas. El falsacionismo, en contraposición, reconoce las limitaciones de la inducción y la subordinación de la observación a la teoría. Sólo se pueden descubrir los secretos de la naturaleza con la ayuda de teorías ingeniosas y perspicaces. Cuanto mayor sea el número de teorías conjeturadas que se enfrentan a la realidad del mundo y cuanto más especulativas sean estas conjeturas, más oportunidades habrá de hacer importantes avances en la ciencia. No hay peligro de que proliferen las teorías especulativas porque las que sean descripciones inadecuadas del mundo pueden ser eliminadas drásticamente como resultado de la observación o de otras pruebas.

La exigencia de que las teorías sean sumamente falsables tiene la atractiva consecuencia de que las teorías sean establecidas y precisadas con claridad. Si se establece una teoría de forma tan vaga que no queda claro qué afirma exactamente, entonces, cuando se comprueba mediante la observación o la experimentación, siempre se podrá interpretar que es compatible con los resultados de esas pruebas. De esta manera, podrá ser defendida contra las falsaciones. Por ejemplo, Goethe (1970, p. 295) escribió de la electricidad que: no es nada, un cero, un mero punto que, sin embargo, mora en todas las existencias aparentes y, al mismo tiempo, es el punto de origen por el cual, al menor estímulo, se presenta una doble apariencia, una apariencia que sólo se manifiesta para desvanecerse. Las condiciones en las que se provocan estas manifestaciones son infinitamente variadas según la naturaleza de cada cuerpo.

Si tomamos esta cita literalmente, es muy difícil ver qué conjunto de circunstancias físicas podrían servir para falsarla. Es infalsable justamente porque es así de vaga e indefinida (al menos tomada fuera de su contexto). Los políticos y los adivinos pueden evitar que se les acuse de cometer errores haciendo que sus afirmaciones sean tan vagas que siempre puedan resultar compatibles con todo lo que pueda acontecer. La exigencia de un alto grado de falsabilidad elimina tales maniobras. El falsacionista exige que se puedan establecer las teorías con la suficiente claridad como para correr el riesgo de ser falsadas.

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

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

## FALSACIONISMO Y PROGRESO

El progreso de la ciencia, tal y como lo ve el falsacionista, se podría resumir de la siguiente manera. La ciencia comienza con problemas, problemas que van asociados con la explicación del comportamiento de algunos aspectos del mundo o universo. Los científicos proponen hipótesis falsables como soluciones al problema. Las hipótesis conjeturadas son entonces criticadas y comprobadas. Algunas serán eliminadas rápidamente. Otras pueden tener más éxito. Éstas deben someterse a críticas y pruebas más rigurosas. Cuando finalmente se falsa una hipótesis que ha superado con éxito una gran variedad de pruebas rigurosas, surge un nuevo problema, afortunadamente muy alejado del problema original resuelto. Este nuevo problema exige la invención de nuevas hipótesis, seguidas de nuevas críticas y pruebas. Y así el proceso continúa indefinidamente. Nunca se puede decir de una teoría que es verdadera, por muy bien que haya superado pruebas rigurosas, pero, afortunadamente, se puede decir que una teoría actual es superior a sus predecesoras en el sentido de que es capaz de superar pruebas que falsaron éstas.

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

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

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

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

El progreso de la física, desde Aristóteles hasta Einstein pasando por Newton, proporciona un ejemplo a mayor escala. La concepción falsacionista de este progreso es más o menos la siguiente. La física aristotélica tenía éxito en cierta medida. Podía explicar gran variedad de fenómenos. Podía explicar por qué los objetos pesados caen al suelo (porque buscan su lugar natural en el centro del universo), podía explicar la acción de los sifones y bombas de extracción (la explicación se basaba en la imposibilidad del vacío), etc. Pero, finalmente, la física aristotélica fue falsada de diversas maneras. Las piedras arrojadas desde lo alto de un mástil de un barco que se movía uniformemente caían en la cubierta al pie del mástil y no a distancia de él, como predecía la teoría de Aristóteles. Las lunas de Júpiter giraban alrededor de Júpiter; pero no alrededor de la Tierra. Durante el siglo XVII se acumularon montones de falsaciones. Sin embargo, una vez que hubo sido creada y desarrollada la física newtoniana mediante las conjeturas de Galileo y Newton, fue una teoría superior a la de Aristóteles. La teoría de Newton podía explicar la caída de los objetos y el funcionamiento de los sifones y bombas de extracción y podía también explicar los fenómenos que resultaban problemáticos para los aristotélicos. Además, la teoría de Newton podía explicar fenómenos a los que la teoría de Aristóteles no aludía, tales como las correlaciones entre las mareas y la posición de la Luna, y la variación en la fuerza de la gravedad con la altura por encima del nivel del mar. Durante dos siglos, la teoría de Newton se vio coronada por el éxito. Esto es, no tuvieron éxito los intentos de falsarla mediante los nuevos fenómenos predichos con su ayuda. La teoría condujo incluso al descubrimiento de un nuevo planeta, Neptuno. Pero, a pesar de su éxito, finalmente triunfaron los continuos esfuerzos por falsarla. La teoría de Newton fue falsada de diversas maneras. No fue capaz de explicar los detalles de la órbita del planeta Mercurio ni la masa variable de los electrones de rápido movimiento en un tubo de descarga. Así pues, los físicos se enfrentaron con problemas estimulantes, a medida que el siglo XIX pasaba al XX, problemas que exigían nuevas hipótesis destinadas a solucionar esos problemas de un modo progresivo. Einstein fue capaz de responder al reto. Su teoría de la relatividad pudo explicar los fenómenos que falsaron la teoría de Newton, al tiempo que competía con la teoría newtoniana en las áreas en que ésta había triunfado. Además, la teoría de Einstein llevó a la predicción de nuevos fenómenos espectaculares. Su teoría especial de la relatividad predijo que la masa sería una función de la velocidad, y que la masa y la energía se podrían transformar la una en la otra, y su teoría general predijo que los rayos de luz podrían ser desviados por fuertes campos gravitatorios. Los intentos de refutar la teoría einsteiniana mediante los nuevos fenómenos fracasaron. La falsación de la teoría de Einstein sigue siendo un desafío para los físicos modernos. Su éxito, si se produjera finalmente, marcaría un nuevo paso adelante en el progreso de la física.

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

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