

¿QUÉ ES ESA COSA LLAMADA CIENCIA?

Por

ALAN F. CHALMERS

Tercera edición
Corregida y aumentada

siglo veintiuno de españa editores, sa
PRINCIPE DE VERGARA, 78. 25006 MADRID. ESPAÑA

siglo veintiuno editores, sa
CERRO DEL AGUA, 248, 04203 MÉXICO D.F.

Todos los derechos reservados. Prohibida la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier procedimiento (ya sea gráfico, electrónico, óptico, químico, mecánico, fotocopia, etc.) y el almacenamiento o transmisión de sus contenidos en soportes magnéticos, sonoros, visuales o de cualquier otro tipo sin permiso expreso del editor.

Primera edición en España, enero de 1982
Segunda edición en España, enero de 1984 (revisada y ampliada)
Tercera edición en España (14ª reimp.), mayo de 2000 (revisada y ampliada)
© SIGLO XXI DE ESPAÑA EDITORES, S. A.

Príncipe de Vergara, 78., 28006 Madrid
© A. E Chalmers 1976, 1982, 1999
Primera edición en inglés, 1976
Segunda edición en inglés, 1982
Tercera edición en inglés, 1999
© University of Queensland Press
Título original: *What is this thing called science?*

DERECHOS RESERVADOS CONFORME A LA LEY

Impreso y hecho en España
Printed and made in Spain

Diseño de la cubierta: El Cubrí
ISBN: 84-323-0426-3
Depósito legal: M-18.890-2000
Fotocomposición: EFCA, S.A.
Parque Industrial «Las Monjas»
28850 Torrejón de Ardoz (Madrid)
Impreso en Closas-Orcóyen, S.L. Polígono Igarsa
Paracuellos de Jarama (Madrid)

INTRODUCCIÓN

La ciencia goza de una alta valoración. Aparentemente existe la creencia generalizada de que hay algo especial en la ciencia y en los métodos que utiliza. Cuando a alguna afirmación, razonamiento o investigación se le da el calificativo de "científico", se pretende dar a entender que tiene algún tipo de mérito o una clase especial de fiabilidad. Pero, ¿qué hay de especial en la ciencia, si es que hay algo? ¿Cuál es este "método científico" que, según se afirma, conduce a resultados especialmente meritorios o fiables? Este libro constituye un intento de elucidar y contestar preguntas de este tipo.

Tenemos muchísimas pruebas procedentes de la vida cotidiana de que se tiene en gran consideración a la ciencia, a pesar de que haya cierto desencanto con respecto a ella debido a las consecuencias de las que se le hace responsable, tales como las bombas de hidrógeno y la contaminación. Los anuncios publicitarios afirman con frecuencia que se ha mostrado científicamente que determinado producto es más blanco, más potente, más atractivo sexualmente o de alguna manera preferible a los productos rivales. Con esto esperan dar a entender que su afirmación está especialmente fundamentada e incluso puede que más allá de toda discusión. De manera similar, un anuncio de la Ciencia Cristiana aparecido recientemente en un periódico se titulaba: "La ciencia habla y asevera que se ha demostrado que la Biblia cristiana es verdadera", y luego seguía contando que "incluso los propios científicos lo creen hoy en día". Aquí tenemos una apelación directa a la autoridad de la ciencia y de los científicos. Bien podríamos preguntar: "¿en que se basa esa autoridad?". El gran respeto que se tiene por la ciencia no se limita a la vida cotidiana y a los medios de comunicación populares. Resulta evidente también en el mundo académico y universitario. Muchos campos de estudio son descritos por quienes los practican como ciencias, presumiblemente en un intento de hacer creer que los métodos que usan están tan firmemente basados y son potencialmente tan fructíferos como una ciencia tradicional como la física o la biología. La ciencia política y la ciencia social son ya tópicos. Los marxistas insisten con entusiasmo en que el materialismo histórico es una ciencia. Además, han aparecido en los programas universitarios Ciencia de la Biblioteca, Ciencia Administrativa, Ciencia del Habla, Ciencia Forestal, Ciencia Láctea, Ciencia de los productos cárnicos y animales e incluso Ciencia Mortuoria* [La cita esta tomada de un informe hecho por C. Trusedell, citado en J. R. Ravetz (1971, p. 387n)]. Todavía está activo el debate acerca del rango de la "ciencia de la creación" y es de señalar en este contexto que los participantes en ambos lados del debate suponen que existe una cierta categoría especial de ciencia. En lo que no están de acuerdo es en la cuestión de si la ciencia de la creación llena o no los requisitos de una ciencia.

Muchas de las llamadas ciencias sociales o humanas subscriben un razonamiento que reza aproximadamente como sigue: "Se puede atribuir el éxito indiscutible de la física en los últimos tres siglos a la aplicación de un método especial, el 'método científico'. Por consiguiente, para que las ciencias sociales y humanas puedan emular el éxito de la física será preciso primero comprender y formular este método y aplicarlo después a ellas." Este razonamiento suscita las dos preguntas fundamentales siguientes: ¿qué es este método científico que se supone sea la clave de este éxito de la física? y ¿es lícito transferir este método de la física y aplicarlo en otros campos?

Todo esto hace resaltar el hecho de que las cuestiones concernientes a la especificidad del conocimiento científico, en cuanto opuesto a otros tipos de conocimiento, y a la identificación exacta del método científico, aparecen como fundamentalmente importantes y cargadas de consecuencias. Sin embargo, como veremos, no es en absoluto sencillo dar respuesta a las preguntas suscitadas. Un buen intento por resumir las intuiciones que por lo general se tienen respecto de las respuestas a estas preguntas es, quizás, la idea de que lo específico de la ciencia es que se deriva de hechos, en vez de basarse en opiniones personales. Puede ser que así se recoja la idea de que, mientras que pueden darse opiniones personales distintas sobre los méritos relativos de las novelas de Charles Dickens y D. H. Lawrence, no hay lugar a diferencias similares acerca de los méritos relativos de las teorías de la relatividad de Galileo y de Einstein. Se supone que los hechos determinan la superioridad de la innovación de Einstein sobre visiones anteriores de la relatividad y que, sencillamente, está en un error quien no lo aprecie así.

Como veremos, la idea de que el rasgo específico del conocimiento científico es que se deriva de los hechos de la experiencia puede sostenerse sólo en una forma muy cuidadosamente matizada, si es que en verdad puede sostenerse. Tropezaremos con razones para dudar de que los hechos obtenidos en la observación y en la experimentación sean tan directos y seguros como se ha supuesto tradicionalmente. Encontraremos también que hay fuertes argumentos favorables a la afirmación de que el conocimiento científico no puede ser probado ni rechazado de forma concluyente por una referencia a hechos, aun en el caso de que se disponga de esos hechos. Algunos de los argumentos que apoyan este escepticismo se basan en un análisis de la naturaleza de la observación y en la del razonamiento lógico y sus capacidades. Otros tienen su origen en una mirada detenida a la historia de la ciencia y a la práctica científica contemporánea. Un rasgo característico de los desarrollos modernos en las teorías de la ciencia es que se ha ido prestando una atención creciente a la historia de la ciencia. Para muchos filósofos de la ciencia, uno de los embarazosos resultados de este hecho es que los episodios de la historia de la ciencia que, por lo general, se consideran más característicos de los principales adelantos, ya sean las innovaciones de Galileo, Newton, Darwin o Einstein, no se corresponden con lo que las típicas concepciones filosóficas de la ciencia dicen que debieran ser.

Una reacción ante la constatación de que las teorías científicas no pueden ser probadas o refutadas de manera concluyente, y de que las reconstrucciones de los filósofos tienen poco que ver con lo que en realidad hace progresar a la ciencia, consiste en renunciar completamente a la idea de que la ciencia es una actividad racional que actúa de acuerdo con un método especial. Una reacción en cierto modo parecida llevó al filósofo Paul Feyerabend (1975) a escribir un libro titulado *Against method: Outline of*

an anarchistic theory of knowledge (En contra del método: Esbozo de una teoría anarquista del conocimiento). De acuerdo con la tesis más radical que se puede leer en los escritos más recientes de Feyerabend, la ciencia no posee rasgos especiales que la hagan intrínsecamente superior a otras ramas del conocimiento tales como los antiguos mitos o el vudú. El elevado respeto por la ciencia es considerado como la religión moderna, que desempeña un papel similar al que desempeñó el cristianismo en Europa en épocas anteriores. Se insinúa que la elección entre distintas teorías se reduce a una elección determinada por los valores y deseos subjetivos de los individuos.

El escepticismo de Feyerabend respecto de los intentos de racionalizar la ciencia es compartido por otros autores de tiempos más recientes que escriben desde un punto de vista sociológico o desde la perspectiva llamada "posmoderna".

Este libro se resiste ante este tipo de respuesta a las dificultades que encuentran las concepciones tradicionales de la ciencia y del método científico. Intenta aceptar lo que hay de válido en los desafíos de Feyerabend y muchos otros, pero dando una justificación de la ciencia que recoja sus rasgos específicos y característicos a la vez que responda a dichos desafíos.

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

UNA OPINIÓN DE SENTIDO COMÚN AMPLIAMENTE COMPARTIDA SOBRE LA CIENCIA

Me aventuré a sugerir en la Introducción que la concepción popular del rasgo distintivo del conocimiento científico es captada por el lema “la ciencia se deriva de los hechos”. Esta idea es sometida a un escrutinio crítico en los cuatro primeros capítulos de este libro. Encontraremos que no se puede sostener gran parte de lo que comúnmente se supone que está implicado en dicho lema; no obstante, veremos que no está del todo descaminado e intentaré formular una versión defendible de él.

Cuando se afirma que la ciencia es especial porque se basa en los hechos, se supone que los hechos son afirmaciones acerca del mundo que pueden ser verificadas directamente por un uso cuidadoso y desprejuiciado de los sentidos. La ciencia ha de basarse en lo que podemos ver, oír y tocar y no en opiniones personales o en la imaginación especulativa. Si se lleva a cabo la observación del mundo de un modo cuidadoso y desprejuiciado, los hechos establecidos de tal manera constituirán una base segura y objetiva de la ciencia. Si, además, es correcto el razonamiento que nos conduce desde esta base fáctica a las leyes y teorías que forman el conocimiento científico, podrá suponerse que el propio conocimiento científico resultante está establecido con seguridad y es objetivo.

Las observaciones anteriores son la esencia de un relato bien conocido y que se refleja en gran parte de la literatura que versa sobre la ciencia. “La ciencia es una estructura asentada sobre hechos”, escribe J. J. Davies (1968, p. 8) en su obra sobre el método científico, tema que ha sido elaborado por H. D. Anthony (1948, p. 145):

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

Aquí, Anthony no sólo da expresión clara a la opinión de que el conocimiento científico se basa en los hechos establecidos por la observación y el experimento, sino que da un sesgo histórico a la idea, algo en lo que no es en absoluto el único. Un aseveración extendida dice que es un hecho histórico que 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. Quienes aprueban y explotan esta historia mantienen que los hechos observables no habían sido tomados en serio como fundamento del conocer antes del siglo XVII. En vez de esto, así reza el conocido recuento, el conocimiento se basaba en la autoridad del filósofo Aristóteles y en la de la Biblia. La ciencia moderna se hizo posible sólo cuando esta autoridad fue desafiada con una llamada a la experiencia por precursores de la nueva ciencia como Galileo. Capta bellamente esta idea la siguiente versión de las muchas veces contada historia de Galileo y la torre inclinada de Pisa, debida a Rowbotham (1918, pp. 27-9),

La primera prueba de fuerza entre Galileo y los profesores de la Universidad estaba relacionada con sus investigaciones sobre las leyes del movimiento ilustradas por la caída de los cuerpos. Un axioma aceptado de Aristóteles decía que la velocidad de los cuerpos en caída era regulada por sus pesos respectivos: así, una piedra que pesara dos libras caería dos veces más rápida que una que sólo pesara una libra, etc. Nadie parece haberse cuestionado lo correcto de esta regla hasta que Galileo la negó. Declaró que el peso no tenía nada que ver en el fenómeno, y que... dos cuerpos de pesos distintos... alcanzarían el suelo en el mismo momento. Cuando los profesores se mofaron de la declaración de Galileo, éste decidió someterla a una prueba pública. Invitó como testigos del experimento que iba a efectuar desde la torre inclinada a toda la Universidad. La mañana del día fijado, Galileo, en presencia de las gentes de la Universidad y de la ciudad subió a la cima de la torre llevando consigo dos bolas, una que pesaba cien libras y la otra sólo una. Balanceando cuidadosamente las bolas en el borde del parapeto, las rodó hasta que

estuvieron juntas; se las vio caer por igual, y al instante siguiente, con un fuerte ruido, golpearon juntas el suelo. La vieja tradición era falsa, y la ciencia moderna, en la persona del joven descubridor, había reivindicado su posición.

Empiristas y positivistas forman las dos escuelas que han intentado formalizar lo que he llamado visión común de la ciencia, la que afirma que el conocimiento científico se deriva de los hechos. Los empiristas ingleses de los siglos XVII y XVIII, en particular John Locke, George Berkeley y David Hume, sostenían que todo el conocimiento debía derivarse de ideas implantadas en la mente por medio de la percepción sensorial. Los positivistas tenían una visión algo más amplia y menos orientada hacia lo psicológico de lo que significan los hechos, pero compartían la opinión de los empiristas de que el conocimiento debía derivarse de los hechos de la experiencia. Los positivistas lógicos, una escuela filosófica que se originó en Viena en los años veinte de este siglo, retomó el positivismo introducido por Auguste Comte en el siglo XIX e intentó formalizarlo, prestando mucha atención a la forma lógica de la relación entre conocimiento científico y los hechos. Empirismo y positivismo comparten el punto de vista de que el conocimiento científico debe de alguna manera derivarse de los hechos alcanzados por la observación.

Hay dos aspectos bastante distintos involucrados en la afirmación de que la ciencia se deriva de los hechos. Uno concierne a la naturaleza de esos "hechos" y cómo los científicos creen tener acceso a ellos. El segundo atañe a cómo se derivan de los hechos, una vez que han sido obtenidos, las leyes y teorías que constituyen el conocimiento. Investigaremos estos dos aspectos por separado, dedicando éste y los dos capítulos siguientes a una discusión de la naturaleza de los hechos sobre los que, se alega, se basa la ciencia, y el capítulo 4 a la cuestión de cómo pudiera pensarse que el conocimiento científico se deriva de ellos.

Se pueden distinguir tres componentes en la postura adoptada por el punto de vista común respecto de los hechos que se supone son la base de la ciencia. Estos son:

- (a) Los hechos se dan directamente a observadores cuidadosos y desprejuiciados por medio de los sentidos.
- (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.

Como veremos, cada una de estas afirmaciones se enfrenta con dificultades y, en el mejor de los casos, sólo puede ser aceptada de forma muy matizada.

VER ES CREER

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

El anterior esquema de la observación mediante el sentido de la vista sugiere dos cuestiones que forman parte de la visión común o empirista de la ciencia. La primera es que un observador humano tiene un acceso más o menos directo a algunas propiedades del mundo exterior en la medida en que el cerebro registra esas propiedades en el

acto de ver. La segunda es que dos observadores que vean el mismo objeto o escena desde el mismo lugar “verán” lo mismo. Una combinación idéntica de rayos de luz alcanzará el ojo de cada observador, será enfocada en sus retinas normales por sus lentes oculares normales y dará lugar a imágenes similares. Así pues, una información similar viajará al cerebro de cada observador a través de sus nervios ópticos normales, dando como resultado que los dos observadores “vean” lo mismo. En secciones subsiguientes veremos por qué este tipo de representación es seriamente engañoso.

EXPERIENCIAS VISUALES QUE NO ESTÁN DETERMINADAS SÓLO POR EL OBJETO VISTO

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. Sólo tenemos que ponernos frente al mundo y registrar lo que hay en él para ver. Puedo constatar que hay una lámpara sobre mi escritorio o que mi lápiz es amarillo con simplemente mirar lo que hay delante de mis ojos. Como hemos visto, una opinión tal puede apoyarse en la descripción de cómo funciona el ojo. Si esto fuera todo, lo que se ve estaría determinado por la naturaleza de lo que se mira, y todos los observadores tendrían la misma experiencia visual al enfrentarse a la misma escena. Sin embargo, hay muchas pruebas que indican que, sencillamente, esto no es así. Dos observadores normales que vean el mismo objeto desde el mismo lugar en las mismas circunstancias físicas no tienen necesariamente idénticas experiencias visuales, aunque las imágenes que se produzcan en sus respectivas retinas sean prácticamente idénticas. Hay un sentido importante en el que no es necesario que los dos observadores “vean” lo mismo. Como dice N. R. Hanson (1958), “hay más en lo que se ve que lo que describe el globo ocular”. Algunos ejemplos sencillos ilustrarán la cuestión.

La mayoría de nosotros, cuando miramos por primera vez la figura 1, vemos el dibujo de una escalera en la que resulta visible la superficie superior de los escalones. Pero no es éste el único modo de poderlo ver. También se puede ver sin dificultad como una escalera en la

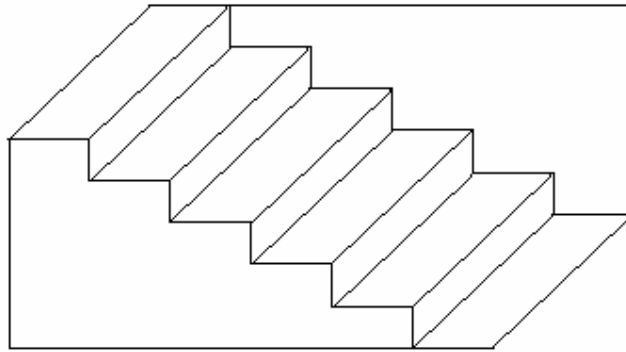


FIGURA 1

que resulta visible la parte inferior de los escalones. Además, si se mira el dibujo durante algún tiempo, por lo general se encuentra, involuntariamente, que cambia la visión frecuentemente de una escalera vista desde arriba a una escalera vista desde abajo y viceversa. Y, no obstante, parece razonable suponer que, puesto que el objeto que contempla el observador sigue siendo el mismo, las imágenes de la retina no varían. El hecho de que el dibujo se vea como una escalera vista desde arriba o como una escalera vista desde abajo parece depender de algo más que de la imagen que hay en la retina del observador. Sospecho que ningún lector de este libro ha puesto en duda mi afirmación de que la figura 1 parece una escalera de algún tipo. Sin embargo, los resultados de los experimentos realizados con miembros de varias tribus africanas, cuyas culturas no incluyen la costumbre de dibujar objetos tridimensionales mediante dibujos bidimensionales con perspectiva, indican que los miembros de estas tribus no habrían considerado que la figura 1 es una escalera sino una disposición bidimensional de líneas. Presumo que la naturaleza de las imágenes formadas en las retinas de los observadores es relativamente independiente de su cultura. Además, parece seguirse que las experiencias perceptuales que los observadores tienen en el acto de ver no están especialmente determinadas por las imágenes de las retinas. Hanson (1958, capítulo 1) contiene otros ejemplos fascinantes que ilustran sobre este aspecto.

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

Se puede sugerir la siguiente pregunta: “¿Qué tienen que ver estos ejemplos artificiales con la ciencia?”. La respuesta es que no resulta difícil proporcionar ejemplos procedentes de la práctica científica que ilustren la misma cuestión, a saber, que lo que ven los observadores, las experiencias subjetivas que tienen cuando ven un objeto o una escena, no está determinado únicamente por las imágenes formadas en sus retinas sino que depende también de la experiencia, el conocimiento y las expectativas del observador. Este aspecto está implícito en la constatación indiscutible de que uno tiene que aprender para llegar a ser un observador competente en ciencia. Cualquiera que haya vivido la experiencia de tener que aprender a mirar a través de un microscopio no necesitará que nadie le convenza de este hecho. Es raro que el principiante discierna las estructuras celulares apropiadas al mirar al microscopio el portaobjeto preparado por el instructor, mientras que éste no encuentra ninguna dificultad en distinguirlas cuando mira el mismo portaobjeto en el mismo microscopio. Es significativo, en este contexto, que los microscopistas no tropezaban con grandes impedimentos a la hora de observar cómo se dividen las células bajo circunstancias adecuadamente preparadas, una vez que sabían qué tenían que buscar, mientras que, antes de este descubrimiento, la división celular permaneció no observada, aunque sabemos ahora que ha tenido que estar allí en muchas de las muestras examinadas al microscopio, con la posibilidad de ser observada. Michael Polanyi (1973, p. 101) describe los cambios efectuados en la experiencia perceptual de

un estudiante de medicina cuando se le enseña a diagnosticar mediante el examen por rayos X.

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

Frente a una misma situación, un observador versado y experimentado no tiene experiencias perceptuales idénticas a las de un novato. Esto choca con una comprensión literal de la afirmación de que las percepciones se dan directamente a través de los sentidos.

Una respuesta usual a lo que estoy diciendo acerca de la observación, apoyado por la clase de ejemplos que he utilizado, es que los observadores que ven la misma escena desde el mismo lugar ven la misma cosa, pero interpretan de diferente modo lo que ven. Deseo discutir este punto. En cuanto a lo que se refiere a la percepción, con lo único que el observador está en inmediato y directo contacto es con sus experiencias. Estas experiencias no están dadas de modo unívoco ni son invariantes, sino que cambian con las expectativas y el conocimiento. Lo que viene unívocamente dado por la situación física, y estoy dispuesto a admitir esto, es la imagen formada en la retina del observador, pero el observador no tiene contacto perceptual directo con la imagen. Cuando los defensores de la opinión común suponen que hay algo unívocamente dado en la percepción, que puede

interpretarse de diversas maneras, están suponiendo, sin argumentarlo y a pesar de las muchas pruebas en contra, que las imágenes en la retina determinan por si solas nuestras experiencias perceptuales. Están llevando demasiado lejos la analogía de la cámara.

Una vez dicho esto, trataré de aclarar lo que *no* pretendo afirmar en esta sección, para que no se piense que estoy defendiendo algo diferente de lo que pretendo defender. En primer lugar, no afirmo en absoluto que las causas físicas de las imágenes en nuestras retinas no tengan ninguna relación con lo que vemos. No podemos ver precisamente lo que queremos. Sin embargo, mientras que las imágenes de nuestras retinas forman parte de la causa de lo que vemos, otra parte muy importante de esa causa está constituida por el estado interno de nuestras mentes o cerebros, el cual dependerá a su vez de nuestra educación cultural, nuestro conocimiento y nuestras expectativas. y no estará determinado únicamente por las propiedades físicas de nuestros ojos y de la escena observada. En segundo lugar, en una gran diversidad de circunstancias, lo que vemos en diversas situaciones sigue siendo bastante estable. La dependencia entre lo que vemos y el estado de nuestras mentes o cerebros no es tan sensible como para hacer imposible la comunicación y la ciencia. En tercer lugar, en todos los ejemplos que se han citado aquí, los observadores ven en cierto sentido la misma cosa. Yo acepto, y presupongo a través de todo este libro, que existe un solo y único mundo independiente de los observadores. De ahí que, cuando unos cuantos observadores miran un dibujo, un trozo de un aparato, una platina de microscopio o cualquier otra cosa, en cierto sentido todos ellos se enfrentan y miran la misma cosa y, por tanto, ven la misma cosa. Pero de esto no se sigue que tengan experiencias perceptuales idénticas. Hay un sentido muy importante según el cual no ven la misma cosa y en él se basan algunas de mis reservas respecto de la opinión de que los hechos se dan, directamente y sin problemas, al observador a través de los sentidos. Queda por ver en qué medida esto socava la idea de que los hechos adecuados para la ciencia puedan ser establecidos por los sentidos.

LOS HECHOS OBSERVABLES EXPRESADOS COMO ENUNCIADOS

El significado del término "hechos" es ambiguo en el uso normal del lenguaje. Se puede referir tanto al enunciado que expresa el hecho como al estado de cosas al que alude el enunciado. Por ejemplo, es un hecho que hay montañas y cráteres en la Luna. Aquí, el hecho puede tomarse como refiriéndose a las montañas y cráteres mismos; alternatively, el enunciado "hay montañas y cráteres en la Luna" puede admitirse como lo que constituye el hecho. La segunda acepción es claramente la apropiada cuando se dice que la ciencia se basa en los hechos y se deriva de ellos. El conocimiento acerca de la superficie lunar no se basa en las montañas y cráteres de la superficie lunar, ni se deriva de ellos, sino que parte de los enunciados fácticos sobre montañas y cráteres.

Además de distinguir los hechos, entendidos como enunciados de los estados de cosas descritos por dichos enunciados, es claramente necesario diferenciar los enunciados de hechos de las percepciones que puedan dar lugar a la aceptación de esos enunciados de hechos. Por ejemplo, no hay duda de que Darwin encontró muchas especies nuevas de plantas y animales durante su famoso viaje en el *Beagle*, y fue por tanto sujeto de experiencias perceptuales nuevas. Sin embargo, de haberse limitado a esto, no habría hecho ninguna contribución significativa a la ciencia. Sólo al formular enunciados que describían las novedades y ponerlos a disposición de otros científicos contribuyó de manera importante al desarrollo de la biología. En la medida en que el viaje del *Beagle* proporcionó hechos nuevos a partir de los cuales se podía derivar una teoría de la evolución, o a los que una teoría de la evolución podía referirse, eran enunciados los que constituían los hechos. Quienes pretenden aseverar que el conocimiento se deriva de hechos deben tener enunciados en la mente, y no percepciones ni objetos como montañas y cráteres.

Hecha esta aclaración, volvamos a las afirmaciones (a), (b) y (c) acerca de la naturaleza de los hechos, con las cuales terminaba la primera sección de este capítulo. Tal como están, aparecen inmediatamente como muy problemáticas. Dado que los hechos que podrían constituir una base adecuada para la ciencia deben ser en forma de enunciados, comienza a aparecer bastante equivocada la afirmación

de que los hechos se dan directamente por medio de los sentidos. Pues aunque pasemos por alto las dificultades destacadas en la sección anterior y supongamos que las percepciones se dan directamente en el acto de ver, no es claramente verdad que los enunciados que describen estados de cosas observables (los llamaré enunciados observacionales) sean dados al observador por medio de los sentidos. Es absurdo pensar que los *enunciados* de hechos entran en el cerebro por medio de los sentidos.

Antes de que un observador pueda formular y hacer valer un enunciado observacional, debe estar en posesión del entramado conceptual apropiado y debe saber cómo aplicarlo adecuadamente. Queda claro que esto es así cuando contemplamos la manera como un niño aprende a describir el mundo (esto es, a hacer enunciados fácticos sobre el mundo). Piénsese en uno de los padres enseñando a un niño a reconocer y describir manzanas; muestra una manzana al niño, la señala y pronuncia la palabra "manzana". El niño aprende enseguida a repetir, imitándola, la palabra "manzana". Dueño ya de esta habilidad particular, quizás algún día después se encuentra con la pelota de tenis de un hermano, la señala, y dice "manzana". El padre interviene entonces para explicarle que la pelota no es una manzana, mostrándole, por ejemplo, que uno no puede morderla como una manzana. Nuevos errores del niño, como tomar un bombón por una manzana, requerirán explicaciones algo más complicadas de su padre. Para cuando el niño pueda decir con éxito que algo es una manzana si en efecto lo es, habrá aprendido mucho sobre las manzanas. Parecería, por tanto, que es un error suponer que debemos observar hechos acerca de las manzanas antes de derivar conocimiento de esos hechos, puesto que los hechos apropiados, formulados como enunciados, presuponen una buena cantidad de conocimiento sobre las manzanas.

Pasemos del habla de los niños a algunos ejemplos más relevantes para nuestra tarea de comprender la ciencia. Imaginemos a un experto en botánica, acompañado de alguien, como yo mismo, bastante ignorante de la botánica, en un viaje de campo por el sotobosque australiano, con el fin de recoger hechos observables acerca de la flora nativa. No hay duda de que el botánico será capaz de recoger hechos mucho más numerosos y con más discernimiento que los que yo pueda observar y formular. La razón es clara; el botánico puede utilizar un esquema conceptual más elaborado que el mío, y ello es debido a que

sabe más de botánica que yo. Conocimientos de botánica son un prerrequisito para la formulación de enunciados observacionales capaces de constituir una base de hechos.

Así pues, el registro de hechos observables requiere algo más que la recepción de estímulos en forma de rayos de luz que inciden en el ojo; requiere el conocimiento del entramado conceptual apropiado y de cómo aplicarlo. En este sentido, los supuestos (a) y (b) no pueden ser aceptados tal y como están. Los enunciados de hechos no se determinan directamente por estímulos sensoriales y los enunciados de la observación presuponen un conocimiento, de manera que no puede ser verdad que establezcamos primero los hechos y derivemos después de ellos el conocimiento.

¿POR QUÉ DEBERÍAN LOS HECHOS PRECEDER A LA TEORÍA?

He tomado como punto de partida una interpretación bastante extrema de la afirmación que dice que la ciencia se deriva de hechos. He supuesto que implica que los hechos deben establecerse previamente a la derivación a partir de ellos del conocimiento científico. Primero establecer los hechos y después edificar la teoría que se ajuste a ellos. Tanto el hecho de que nuestras percepciones dependen en cierta medida de nuestros conocimientos previos, y por tanto de nuestra preparación y nuestras expectativas (discutido antes en este capítulo), como el hecho de que los enunciados observacionales presuponen el entramado conceptual adecuado (discutido en la sección anterior) indican que es ésta una exigencia que no se puede satisfacer. En verdad, si se la somete a una inspección cuidadosa, es una idea bastante tonta, tan tonta que dudo que haya algún filósofo de la ciencia dispuesto a defenderla. ¿Cómo podremos establecer hechos significativos acerca del mundo por medio de la observación si no contamos con alguna guía respecto de qué clase de conocimiento estamos buscando o qué problemas estamos tratando de resolver? Para hacer observaciones que supongan alguna contribución significativa a la botánica, necesitaré, para empezar, saber mucho de botánica. Aún más, no tendría sentido la mera idea de que la adecuación del conocimiento científico tendría que ser probada por los hechos observables si, en sentido estricto, los

hechos relevantes deben preceder siempre al conocimiento que pudiera apoyarse en ellos. Nuestra búsqueda de hechos relevantes necesita ser guiada por el estado actual del conocimiento, que nos dice, por ejemplo, que se consiguen hechos relevantes midiendo la concentración de ozono en varios lugares, mientras que no se logra nada midiendo la longitud de los cabellos de 105 jóvenes de Sidney. Así pues, abandonemos la exigencia de que la adquisición de datos deba venir antes que la formulación de leyes y teorías que constituyen el conocimiento científico y, una vez que lo hayamos hecho, veamos qué podemos salvar de la idea de que la ciencia se basa en los hechos.

Según nuestra nueva posición, reconocemos francamente que la formulación de enunciados observacionales presupone un conocimiento significativo, y que la búsqueda de hechos observables relevantes se guía por ese conocimiento. Ninguna de las dos declaraciones socava necesariamente la afirmación de que el conocimiento tiene una base fáctica establecida por la observación. Consideremos primero la cuestión de que la formulación de enunciados observacionales significativos presupone el conocimiento del entramado conceptual apropiado. Advertimos que una cosa es la disponibilidad de los recursos conceptuales necesarios para la formulación de enunciados observacionales, y otra la verdad o falsedad de esos enunciados. Al mirar mi libro de texto de física del estado sólido puedo ver dos enunciados observacionales, "la estructura cristalina del diamante tiene simetría de inversión" y "hay cuatro moléculas por celda en un cristal de sulfuro de zinc". Es necesario un cierto grado de conocimiento acerca de la estructura de los cristales y cómo se caracterizan para la formulación y comprensión de estos enunciados. Pero aunque uno no cuente con ese conocimiento, podrá ser capaz de reconocer que hay otros enunciados similares que pueden ser formulados usando los mismos términos, tales como "la estructura cristalina del diamante no tiene simetría de inversión" o "la estructura cristalina del diamante tiene cuatro moléculas por celda". Todos estos enunciados son observacionales en el sentido de que su verdad o falsedad puede ser establecida por la observación, una vez que se dominan las técnicas apropiadas de observación. Cuando se hace así, sólo los enunciados que extraje de mi libro de texto se ven confirmados por la observación, mientras que las alternativas construidas a partir de ellos resultan refutadas. Esto sirve para ilustrar que el hecho de que el conocimiento sea necesario para la

formulación de enunciados observacionales significativos deja abierta la cuestión de cuáles enunciados están soportados por la observación y cuáles no. Por consiguiente, la idea de que el conocimiento debe basarse en los hechos que resultan confirmados por la observación no resulta dañada al reconocer que la formulación de los enunciados que describen dichos hechos dependen del conocimiento. Sólo hay problemas si uno persiste en la tonta exigencia de que la confirmación de hechos relevantes para un campo del saber deba preceder a la adquisición de todo conocimiento.

Por lo tanto, la idea de que el conocimiento científico debe basarse en los hechos establecidos por la observación no tiene por qué resultar perjudicada por el reconocimiento de que la búsqueda y la formulación de esos hechos depende del conocimiento. Si la verdad o falsedad de los enunciados observacionales puede establecerse directamente en la observación, entonces, independientemente de la manera como se llegue a formular esos enunciados, pareciera que los enunciados observacionales confirmados de este modo proporcionan una base fáctica significativa para el conocimiento científico.

LA FALIBILIDAD DE LOS ENUNCIADOS OBSERVACIONALES

Hemos hecho algunos progresos en nuestra búsqueda de una caracterización de la base observacional de la ciencia, pero no estamos todavía libres de problemas. En la sección anterior, nuestro análisis presuponía que los enunciados observacionales se pueden establecer con seguridad por la observación de un modo no problemático. Pero ¿es lícito tal supuesto? Hemos visto que pueden surgir problemas debido a 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. La importancia para la ciencia que tiene este punto se apoya en casos bien documentados de la historia de la ciencia, tal como la disputa sobre si los efectos de los llamados rayos N, descritos por Nye (1980), son observables o no, y el desacuerdo entre astrónomos de Sidney y de Cambridge, descrito por Edge y Mulkay (1976), sobre cuáles eran los efectos observables en los primeros años de la radioastronomía. Hasta ahora

hemos dicho poco que muestre cómo en vistas de tales dificultades, se puede establecer una base observacional segura para la ciencia. Otras dificultades, en relación con la fiabilidad de la base observacional de la ciencia, surgen de algunas 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. Ilustraré este punto con ejemplos.

Aristóteles incluyó el fuego entre los cuatro elementos de los que están hechos todos los objetos terrestres. La suposición de que el fuego es una sustancia distinta, si bien ligera, persistió durante cientos de años y sólo la química moderna fue capaz de derribarla. Quienes trabajaban con este supuesto creían observar el fuego directamente cuando veían ascender las llamas en el aire, de modo que, para ellos, "el fuego se elevaba" era un enunciado observacional soportado frecuentemente por la observación directa. Hoy desechamos tales enunciados observacionales. La cuestión es que si es defectuoso el conocimiento que proporciona las categorías que usamos para describir las observaciones, también lo serán los enunciados observacionales que dan por supuestas estas categorías.

Mi segundo ejemplo se refiere al reconocimiento, establecido en los siglos XVI y XVII, de que la Tierra se mueve describiendo una órbita alrededor del Sol y girando sobre su eje. Se puede decir que el enunciado "la Tierra es estacionaria" era un hecho confirmado por la observación antes de que las circunstancias hicieran posible dicho reconocimiento. Después de todo, uno no la ve moverse, ni siente que se mueva; si damos un salto en el aire, la Tierra no gira separándose de nosotros. Sabemos, desde una perspectiva moderna, que el enunciado observacional en cuestión es falso, a pesar de las apariencias. Comprendemos la inercia, y sabemos que, si bien nos movemos en dirección horizontal a más de cien metros por segundo porque la Tierra gira, no hay razón alguna por la que esto debiera cambiar si damos un salto en el aire. Se necesita una fuerza para modificar la velocidad y no hay ninguna fuerza horizontal actuando en nuestro ejemplo, de modo que mantenemos la velocidad que compartimos con la superficie de la Tierra y aterrizamos donde despegamos. "La Tierra es estacionaria" no queda establecido por la evidencia observable en la forma en que en un tiempo se pensó, pero para entender esto en su plenitud necesitamos comprender la inercia y esta comprensión fue una innovación

del siglo XVII. Tenemos aquí un ejemplo que ilustra la manera como el juicio acerca de la verdad o falsedad de un enunciado observacional depende del conocimiento que forma el trasfondo que hay detrás del juicio. Parecería como si la revolución científica llevara consigo no sólo una transformación progresiva de la teoría científica, sino también ¡una transformación en lo que se pensaba que eran los hechos observables!

Un tercer ejemplo ilustrará de nuevo este último punto. Se refiere a los tamaños de los planetas Venus y Marte, tal y como se ven desde la Tierra en el curso del año. Los tamaños aparentes de Venus y Marte deberían cambiar apreciablemente en el transcurso de un año, como consecuencia de la sugerencia de Copérnico de que la Tierra gira alrededor del Sol en una órbita exterior a la de Venus e interior a la de Marte. Esto es debido a que la Tierra está relativamente próxima a uno de los planetas cuando se encuentra del mismo lado respecto del Sol, mientras que está relativamente lejana cuando se encuentra del lado opuesto del Sol. Si se considera el asunto cuantitativamente, tal como puede hacerse con la propia versión de Copérnico de su teoría, el efecto es apreciable, con un cambio predecible en el diámetro aparente de un factor de aproximadamente ocho en el caso de Marte y de más o menos seis en el de Venus. Sin embargo, al observar cuidadosamente los planetas, a simple vista no se aprecia ningún cambio de tamaño en Venus y no más de un factor de dos en Marte. Por lo tanto, el enunciado observacional "el tamaño aparente de Venus no se modifica en el curso del año" estaba confirmado directamente, y a ello se refería el prefacio del tratado de Copérnico *Sobre las revoluciones de las esferas celestes*, como a un hecho confirmado "por la experiencia de todas las épocas" (Duncan, 1976, p. 22). Osiander, autor del prefacio en cuestión, estaba tan impresionado por el choque entre las consecuencias de la teoría copernicana y los "hechos observables", que lo utilizó para argüir que la teoría de Copérnico no debería tomarse literalmente. Ahora sabemos que son engañosas las observaciones a simple vista de los tamaños de los planetas, y que el ojo es un aparato muy poco confiable para estimar el tamaño de unas fuentes pequeñas de luz contra un fondo oscuro. Pero fue preciso que Galileo lo hiciera notar y mostrara cómo se puede distinguir claramente el cambio de tamaño predicho si se miran Venus y Marte a través del telescopio. Tenemos aquí un ejemplo claro de corrección de un error sobre hechos

observables, posibilitada por los adelantos en el conocimiento y la tecnología. El ejemplo es en sí mismo poco notable y nada misterioso, pero sí indica que toda opinión al efecto de que el conocimiento científico se basa en los hechos adquiridos por la observación debe reconocer que los hechos, al igual que el conocimiento, son falibles y están sujetos a corrección, y también que son interdependientes el conocimiento científico y los hechos sobre los que se pueda decir que se basa.

La intuición que traté de captar con mi lema "la ciencia se deriva de los hechos" era que el conocimiento científico tiene un carácter especial, en parte porque se funda sobre una base segura, los hechos sólidos firmemente establecidos por la observación. Algunas de las consideraciones de este capítulo suponen una amenaza a esta cómoda opinión. Una dificultad concierne a la medida en que las percepciones reciben la influencia de la preparación y las expectativas del observador; de tal manera que lo que a uno le parece un hecho observable no lo será necesariamente a otro. La segunda fuente de dificultades se origina en la dependencia que los juicios acerca de la verdad de los enunciados observacionales tienen en lo ya conocido o supuesto, haciendo así que los hechos observables sean tan falibles como los supuestos que les sirven de base. Ambos tipos de dificultad sugieren que la base observable de la ciencia no es tan directa y segura como se ha supuesto amplia y tradicionalmente. Trataré de mitigar en alguna medida estos temores en el capítulo siguiente, al considerar la naturaleza de la observación, en particular como se usa en ciencia, de forma más discernidora que la usada hasta ahora en nuestra discusión.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

Para una discusión clásica de cómo es visto el conocimiento por un empirista, esto es, como derivado de lo que la mente recibe por medio de los sentidos, véase Locke (1967), y por un positivista lógico, Ayer (1940). Hanfling (1981) es una introducción al positivismo lógico en general, e incluye un recuento de las bases observacionales de la ciencia. Un desafío a estos puntos de vista al nivel de la percepción es Hanson (1958, capítulo I). Se pueden encontrar discusiones útiles de todo el tema en Brown (1977) y Barnes, Bloor y Henry (1996, capítulos 1-3).

2. LA OBSERVACIÓN COMO INTERVENCIÓN PRÁCTICA

LA OBSERVACIÓN: PASIVA Y PRIVADA O ACTIVA Y PÚBLICA

Un cierto número de filósofos entienden la observación como un asunto pasivo y privado. Es pasivo en cuanto que se supone que al ver, por ejemplo, sencillamente abrimos los ojos y los dirigimos de manera que la información fluya adentro y registramos lo que hay que ver. La propia percepción en la mente o cerebro del observador valida directamente el hecho de que pueda haber, por ejemplo, “un tomate rojo frente a mí”. Entendido de esta manera, el establecimiento de los hechos observables es un asunto muy privado, que se logra prestando atención el individuo a lo que se le presenta en el acto de la percepción. Puesto que, de dos observadores, ninguno tiene acceso a la percepción del otro, no hay manera de que puedan dialogar acerca de la validez de los hechos que se supone que han de establecer.

Esta visión de la percepción u observación como pasiva y privada es completamente inadecuada y no da una explicación precisa de la percepción en la vida diaria. cuanto menos en la ciencia. La observación común esta lejos de ser pasiva. Hay un cierto número de cosas que se *hacen*, muchas de ellas automáticamente, para establecer la validez de una percepción. En el acto de ver escudriñamos los objetos, movemos la cabeza en busca de cambios inesperados en la escena observada, etc. Si no estamos seguros de si una escena vista a través de la ventana es algo que está fuera o es un reflejo de la ventana, movemos la cabeza a fin de verificar qué efecto tiene esto sobre la dirección según la cual la escena es visible. Por lo general, si dudamos por alguna razón de la validez de lo que parece ocurrir según nuestra percepción, podemos actuar de diversas maneras para eliminar el problema. Si, en el ejemplo anterior, tenemos alguna razón que nos haga sospechar que la imagen del tomate es una imagen óptica ingeniosamente urdida y

no un tomate real, podemos tocarlo, además de mirarlo, y, en caso necesario, podremos probarlo o diseccionarlo.

Con estas pocas observaciones un tanto elementales sólo he tocado la superficie de la historia detallada que los psicólogos podrían contarnos acerca del cúmulo de cosas que hace el individuo en el acto de percepción. Para nuestra tarea es más importante considerar la importancia que tiene este punto en el papel que desempeña la observación en la ciencia. Un ejemplo que ilustra bien este aspecto viene de los primeros usos del microscopio en la ciencia. Cuando los científicos Robert Hooke y Henry Powers usaron el microscopio para estudiar pequeños insectos tales como moscas y hormigas, a menudo estaban en desacuerdo acerca de los hechos observables, al menos en un principio. Hooke achacaba la causa de algunas de las discrepancias a los tipos distintos de iluminación. Indicó que el ojo de una mosca aparece como una red llena de agujeros bajo un tipo de luz (lo cual, dicho sea de paso, parece haber inducido a Powers a creer que en realidad era así), como una superficie cubierta de conos bajo otra luz y, bajo un tercer tipo de luz, como una superficie cubierta de pirámides. Hooke procedió a hacer algunos ajustes prácticos para solucionar el problema. Trató de eliminar la información espuria, originada en deslumbramientos y reflexiones complejas, iluminando uniformemente los especímenes; lo hizo usando como iluminación la luz de una vela hecha difusa a través de una solución de salmuera. Iluminó asimismo sus especímenes desde diversas direcciones con el fin de determinar qué características permanecían invariantes con los cambios. Tuvo que intoxicar algunos de los insectos con coñac para que permanecieran inmóviles e indemnes.

El libro de Hooke, *Micrographia* (1665), contiene muchas descripciones y dibujos detallados como resultados de sus esfuerzos y sus observaciones. Su producción era, y es, pública, no privada. Puede ser verificada, criticada y aumentada por otros. Si el ojo de una mosca parece estar cubierto de agujeros bajo cierto tipo de iluminación, es algo que no puede evaluar útilmente el observador que preste mucha atención a sus percepciones. Hooke mostró qué podía *hacerse* para verificar la autenticidad de la apariencia en tales casos, y los procedimientos que recomendó podían llevarse a cabo por cualquiera con la suficiente inclinación y destreza. 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.

El hecho de que se pueda actuar con el fin de explorar lo apropiado de las afirmaciones presentadas como hechos observables tiene por consecuencia que los aspectos subjetivos de la percepción no son necesariamente un problema intratable para la ciencia. En el capítulo anterior discutimos cómo percepciones de la misma escena pueden variar de un observador a otro, dependiendo de su preparación, su cultura y sus expectativas. Los problemas que resultan de este hecho indudable pueden ser en gran medida contrarrestados ejecutando las acciones apropiadas. No debiera ser una novedad para nadie el que los juicios perceptuales de los individuos pueden no ser fiables por diversas razones. Es un reto para la ciencia preparar la situación observable de manera que sea minimizada, si no eliminada, la dependencia en dichos juicios. Uno o dos ejemplos servirán de ilustración en este punto.

La ilusión lunar es un fenómeno común. Alta en el cielo, la Luna parece mucho más pequeña que cuando está baja en el horizonte. Esto es una ilusión. La Luna no cambia de tamaño, ni tampoco se modifica su distancia a la Tierra durante las pocas horas que toma la variación de su posición relativa. No obstante, no tenemos por qué confiar en un juicio subjetivo acerca del tamaño de la Luna. Podemos, por ejemplo, montar un tubo visual, al que se le han añadido unos hilos cruzados, de tal modo que se pueda leer su orientación en una escala. Será posible determinar el ángulo subtendido por la Luna desde el lugar del punto de vista alineando los hilos primero con un lado de la Luna y después con el otro y anotando la diferencia de las lecturas correspondientes en la escala. Esto puede hacerse cuando la Luna está alta en el cielo y repetirse cuando está baja en el horizonte. El tamaño aparente permanece invariable, y esto se refleja en que no hay una variación significativa en las lecturas de la escala en ambos casos.

GALILEO Y LAS LUNAS DE JÚPITER

La importancia de la discusión del capítulo anterior se ilustra en esta sección con un ejemplo histórico. Galileo construyó un potente telescopio a fines de 1609 y lo utilizó para mirar los cielos. Muchas de las nuevas observaciones que hizo durante los tres meses siguientes fueron

objeto de controversias muy importantes para el debate de los astrónomos acerca de la validez de la teoría copernicana, de la cual era Galileo un entusiasta campeón. Galileo afirmó, por ejemplo, haber visto cuatro lunas girando en órbita alrededor de Júpiter, pero encontraba difícil convencer a otros de la validez de sus observaciones. El asunto no carecía de importancia. La teoría copernicana conllevaba la polémica afirmación de que la Tierra se mueve, girando sobre su eje una vez por día y en órbita alrededor del Sol una vez al año. La opinión recibida, que Copérnico había desafiado en la primera mitad del siglo anterior, decía que la Tierra es estacionaria, con el Sol y los planetas girando alrededor de ella. Uno de los argumentos, en absoluto trivial, en contra del movimiento de la Tierra era que si se moviera en órbita alrededor del Sol, la Luna se quedaría detrás. El argumento se desmorona tan pronto como se admite que Júpiter tiene lunas, pues hasta los oponentes de Copérnico estaban de acuerdo en que Júpiter se mueve. Por lo tanto, si tiene lunas, las arrastra consigo, mostrando así justamente el mismo fenómeno que los oponentes de Copérnico suponían imposible en el caso de la Tierra.

Así pues, las observaciones que hizo Galileo con el telescopio de las lunas rodeando Júpiter tenían su envergadura. Galileo pudo convencer a sus rivales en un periodo de dos años, a pesar del escepticismo inicial y de la aparente incapacidad de un número de sus contemporáneos de distinguir las lunas con el telescopio. Veamos cómo pudo hacerlo, cómo fue capaz de “objetivar” sus observaciones de las lunas de Júpiter.

Galileo añadió a su telescopio una escala marcada con líneas horizontales y verticales a distancias iguales. Montó la escala por medio de un anillo, de tal manera que quedara enfrentada al observador y se pudiera deslizar en ambos sentidos a lo largo del telescopio. Alguien que mirara por el telescopio con un ojo podía ver la escala con el otro; la lectura se facilitaba iluminándola con una pequeña lámpara. Con el telescopio dirigido hacia Júpiter, se deslizaba la escala a lo largo de él hasta que la imagen de Júpiter, vista con un ojo a través del telescopio, quedara en el cuadrado central de la escala vista con el otro ojo. Una vez conseguido esto, se podía leer en la escala la posición de una luna vista a través del telescopio; la lectura correspondía a su distancia a Júpiter en un múltiplo del diámetro de éste. El diámetro de Júpiter era una unidad conveniente, puesto que al emplearla como módulo se

descontaba automáticamente el hecho de que el diámetro aparente, tal como se ve desde la Tierra, varía según el planeta se aproxima o aleja de ésta.

De esta manera, Galileo pudo registrar los movimientos diarios de las cuatro "estrellitas" que acompañaban a Júpiter y mostrar que los datos eran consistentes con la hipótesis de que las estrellitas eran en realidad lunas girando en órbita alrededor de Júpiter con un periodo constante. La hipótesis quedó demostrada no sólo por las mediciones cuantitativas sino también por la observación más cualitativa de que los satélites desaparecían de vez en cuando de la vista al pasar por detrás o por delante del planeta o se desplazaban detrás de su sombra.

Galileo podía argüir con fuerza acerca de la veracidad de sus observaciones de las lunas de Júpiter, a pesar de que eran invisibles a simple vista. Pudo, y así lo hizo, argumentar contra la sugerencia de que eran una ilusión producida por el telescopio señalando que así no se explicaba que las lunas aparecieran cerca de Júpiter y en ningún otro lugar. Galileo pudo también apelar a la consistencia y repetitividad de sus mediciones y su compatibilidad con la hipótesis de que las lunas giran alrededor de Júpiter con un periodo constante. Los datos cuantitativos de Galileo fueron verificados por observadores independientes, incluidos observadores del Collegio Romano y de la corte romana del Papa, que se oponía a la teoría copernicana. Aún más, Galileo era capaz de predecir las posiciones de las lunas y la ocurrencia de fases y eclipses, lo que fue también confirmado por él mismo y por observadores independientes, según consta en Stillman Drake (1978, pp. 175-6, 236-7).

La veracidad de lo visto con el telescopio fue pronto aceptada por los observadores competentes contemporáneos de Galileo, incluso por aquellos que se le habían opuesto en un principio. Si bien es cierto que algunos observadores no consiguieron nunca distinguir las lunas, yo sugiero que esto no tiene más importancia que la incapacidad de James Thurber (1933, pp. 101-103) para distinguir al microscopio la estructura de células de plantas. La solidez de la postura de Galileo en cuanto a la veracidad de sus observaciones de las lunas de Júpiter con el telescopio se deriva del cúmulo de pruebas prácticas y objetivas que pudieron resistir sus afirmaciones. Aunque sus razones pudieran no haber llegado a ser absolutamente concluyentes, eran incomparablemente más sólidas que las de la alternativa, esto es, que lo visto eran ilusiones o artefactos producidos por el telescopio.

LOS HECHOS OBSERVABLES SON OBJETIVOS PERO FALIBLES

Las líneas siguientes podrían servir de guía a un intento de rescatar una versión fuerte de lo que constituye un hecho observable, a partir de las críticas que hemos dirigido a esta noción. Un enunciado observacional constituye un hecho digno de formar parte de la base de la ciencia si puede ser probado directamente por los sentidos y resistir las pruebas. El término "directamente" pretende captar la idea de que los enunciados observacionales que aspiren a serlo deberían ser de tal modo que su validez pueda ser probada de manera rutinaria, y por procedimientos objetivos que no requieran juicios refinados y subjetivos por parte del observador. El énfasis puesto en las pruebas destaca el carácter activo y público reivindicado por los enunciados observacionales. Quizás de esta manera podamos captar una noción de hecho establecido sin problemas por la observación. Después de todo, sólo un filósofo empedernido querrá gastar su tiempo dudando de que cosas como la lectura de un contador puedan ser hechas con certeza, dentro de un cierto margen de error, mediante el uso cuidadoso del sentido de la vista.

Hay que pagar un pequeño precio por la noción de hecho observable presentada en el párrafo anterior, y es que los hechos observables son falibles en cierto grado y están sujetos a revisión. Aunque un enunciado pueda ser calificado de hecho observable porque ha superado todas las pruebas a las que se le haya sometido hasta un cierto momento, esto no quiere decir que necesariamente superará los nuevos tipos de prueba posibles a la luz de los adelantos en el conocimiento y en la tecnología. Nos hemos encontrado ya con dos ejemplos importantes de enunciados observacionales que fueron aceptados con buen fundamento pero que en algún momento hubieron de ser rechazados debido a tales adelantos, y son "la Tierra es estacionaria" y "los tamaños aparentes de Marte y Venus no cambian apreciablemente en el transcurso del año".

Según el punto de vista presentado aquí, las observaciones capaces de constituir la base del conocimiento científico son a la vez objetivas y falibles. Son objetivas en cuanto que pueden ser probadas públicamente por procedimientos directos, y falibles porque pueden ser desechadas por tipos nuevos de pruebas debidos a los adelantos en la

ciencia y en la tecnología. Se puede ilustrar este punto con otro ejemplo de la obra de Galileo. En su *Dialogue Concerning the Two Chief Systems* (1967, pp. 361-3), Galileo describe un método objetivo para medir el diámetro de una estrella. Colgaba una cuerda en la dirección entre él mismo y la estrella a una distancia tal que la cuerda bloqueara la visión de la estrella. Galileo supuso que el ángulo subtendido por la cuerda en el ojo era el mismo que el del ojo con la estrella. Sabernos ahora que los resultados de Galileo eran espurios. El tamaño aparente de una estrella, tal y como es percibido por nosotros, se debe enteramente a efectos atmosféricos y otros tipos de "ruido", y no tiene una relación determinada con su tamaño físico. Las mediciones hechas por Galileo de tamaños de estrellas descansaban en supuestos implícitos hoy rechazados, pero este rechazo no tiene nada que ver con los aspectos subjetivos de la percepción. Las observaciones de Galileo eran objetivas en el sentido de que implicaban procedimientos rutinarios que, si fueran repetidos hoy, darían más o menos los mismos resultados que obtuvo Galileo. En el capítulo siguiente tendremos ocasión de desarrollar algo más la cuestión de que la ausencia de una base observacional infalible de la ciencia no se deriva sólo de los aspectos subjetivos de la percepción.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

Para una discusión clásica de la base empírica de la ciencia como enunciados que resisten pruebas, véase Popper (1972, capítulo 5). Los aspectos activos de la observación son resaltados en la segunda parte de Hacking (1983), en Popper (1979, pp. 341-61) y en Chalmers (1990, capítulo 4). Es también pertinente Shapere (1982).