

Ernest Nagel

La estructura de la ciencia

Problemas de la lógica
de la investigación científica



PAIDÓS

Barcelona
Buenos Aires
México

NAGEL, Ernest, "La ciencia y el sentido común", en su: *La estructura de la ciencia*. Barcelona, Paidós, 2006. p. 17 - 33.

Capítulo I

LA CIENCIA Y EL SENTIDO COMÚN

Mucho antes de los comienzos de la civilización moderna, los hombres adquirieron una gran cantidad de información acerca de su medio ambiente. Aprendieron a reconocer las sustancias que alimentaban sus cuerpos. Descubrieron las aplicaciones del fuego y adquirieron la habilidad de transformar las materias primas en refugios, vestidos y utensilios. Inventaron las artes de cultivar el suelo, de comunicarse entre sí y de gobernarse. Algunos de ellos descubrieron que es posible transportar más fácilmente los objetos cuando se los coloca sobre carros con ruedas, que es más seguro comparar las dimensiones de los campos cuando se emplean patrones de medida y que las estaciones del año, así como muchos fenómenos de los cielos, se suceden con cierta regularidad. La broma que John Locke dirigió a Aristóteles —según la cual Dios no fue tan mezquino con los hombres como para hacerlos simplemente seres de dos piernas, dejando a Aristóteles la tarea de hacerlos racionales— parece obviamente aplicable a la ciencia moderna. La adquisición de un conocimiento confiable acerca de muchos aspectos del mundo ciertamente no comenzó con el advenimiento de la ciencia moderna y del uso consciente de sus métodos. En realidad, a este respecto, muchos hombres, en cada generación, repiten durante sus vidas la historia de la especie: se las ingenian para asegurarse habilidades y una información adecuada, sin el beneficio de una educación científica y sin la adopción premeditada de modos científicos de procedimiento.

Si es tanto el conocimiento que se puede lograr mediante el ejercicio perspicaz de los dones naturales y los métodos del «sentido común», ¿qué excelencia especial poseen las ciencias y en qué contribuyen sus herramientas intelectuales y físicas a la adquisición de conocimientos? Este interrogante exige una respuesta cuidadosa, si se quiere asignar un significado definido a la palabra «ciencia».

Por cierto, no siempre se emplean discriminadamente esa palabra y sus variantes lingüísticas; con frecuencia, se las usa simplemente para otorgar una distinción honorífica a una u otra cosa. Muchos hombres se enorgullecen de tener creencias «científicas» y de vivir en la «era de la ciencia». Sin embargo, el único fundamento discernible de su orgullo es la convicción de que, a diferencia de sus antepasados o de sus vecinos, poseen cierta presunta verdad última. Es este el espíritu en el que se describen a veces como científicas teorías de la física o la biología comúnmente aceptadas, mientras que se niega firmemente esta denominación a todas las teorías de esos dominios aceptadas con anterioridad pero que ya no gozan de crédito. Análogamente, ciertas prácticas muy exitosas en las condiciones físicas y sociales prevalecientes, como determinadas técnicas agrícolas o industriales, a veces son contrapuestas con las prácticas presuntamente «no científicas» de otros tiempos y lugares. Una forma extrema, quizás, de la tendencia a quitarle al término «científico» todo contenido definido es el uso muy serio que la propaganda hace a veces de expresiones como «corte de pelo científico», «limpieza de alfombra científica» y hasta «astrología científica». Está claro, sin embargo, que en ninguno de los ejemplos anteriores se asocia con dicha palabra una característica fácilmente identificable y diferenciadora de creencias o prácticas. Ciertamente, sería desafortunado adoptar la sugerencia, implícita en el primer ejemplo, de limitar la aplicación del adjetivo «científico» a creencias que sean definitivamente verdaderas, aunque sólo sea porque en la mayoría —si no en todos— de los ámbitos de investigación no existen garantías infalibles de la verdad, de modo que la adopción de tal sugerencia, en efecto, despojaría al adjetivo de todo uso correcto.

Sin embargo, las palabras «ciencia» y «científico» no están tan desprovistas de un sentido determinado como podría hacer creer su uso frecuentemente adulterado. Pues, de hecho, esas palabras son rótulos o bien de una empresa de investigación identificable y continua, o bien de sus productos intelectuales, y a menudo se las emplea para designar características que distinguen a esos productos de otras cosas. En este capítulo, pues, examinaremos brevemente algunos de los aspectos en los que el conocimiento «precientífico» o «de sentido común» difiere de los productos intelectuales de la ciencia moderna. Sin duda, no hay ninguna línea nítida que separe las creencias incluidas generalmente bajo la denominación familiar, pero

vaga, de «sentido común» de las afirmaciones cognoscitivas reconocidas como «científicas». No obstante, como ocurre con otras palabras cuyos campos de aplicación tienen límites notoriamente brumosos (como el término «democracia»), la ausencia de líneas divisorias precisas no es incompatible con la presencia de un núcleo, por lo menos, de significado seguro para cada una de esas palabras. De hecho, en sus usos más sobrios, esas palabras connotan diferencias importantes y reconocibles. Y son estas diferencias las que debemos tratar de identificar, aunque nos veamos obligados a dar más relieve a algunas de ellas para facilitar la exposición y darle mayor claridad.

1. Nadie duda seriamente de que muchas de las ciencias especiales existentes han surgido de las preocupaciones prácticas de la vida cotidiana: la geometría, de los problemas de la medición y el relevamiento topográfico de campos; la mecánica, de problemas planteados por las artes arquitectónicas y militares; la biología, de los problemas de la salud humana y la cría de animales; la química, de problemas planteados por las industrias metalúrgicas y de tinturas; la economía, de los problemas de la administración doméstica y política, etc. Indudablemente, ha habido otros estímulos para el desarrollo de las ciencias, además de los provenientes de los problemas planteados por las artes prácticas; sin embargo, éstas han tenido y continúan teniendo un papel importante en la historia de la investigación científica. Sea como fuere, los investigadores de la naturaleza de la ciencia a quienes ha impresionado la continuidad histórica entre las convicciones del sentido común y las conclusiones científicas a veces han propuesto diferenciarlas mediante la fórmula según la cual las ciencias son, simplemente, el sentido común «organizado» o «clasificado».

Sin duda, las ciencias son cuerpos de conocimiento organizados y en todas ellas la clasificación de sus materiales en tipos o géneros significativos (como en biología la clasificación de los seres vivos en especies) es una tarea indispensable. No obstante, es evidente que la fórmula propuesta no traduce adecuadamente las diferencias características entre la ciencia y el sentido común. Las notas de un conferenciante acerca de sus viajes por África pueden estar muy bien organizadas para los propósitos de comunicar cierta información de manera interesante y efectiva, lo cual no convierte a esta información en lo que históricamente ha sido llamado una ciencia. El catálogo de un bibliotecario es una valiosísima clasificación de los libros,

pero nadie que conozca el significado históricamente asociado a la palabra diría que el catálogo es una ciencia. La dificultad obvia consiste en que la fórmula propuesta no especifica qué *tipo* de organización o clasificación es característico de las ciencias.

Por consiguiente, pasemos a esta última cuestión. Un rasgo destacado de gran cantidad de información adquirida en el curso de la experiencia corriente es que, si bien esta información puede ser suficientemente exacta dentro de ciertos límites, raramente está acompañada de una explicación acerca de por qué los hechos son como se los presenta. Así, las sociedades que han descubierto el uso de la rueda habitualmente no saben nada acerca de las fuerzas de fricción ni acerca de las razones por las cuales las mercancías transportadas sobre vehículos con ruedas son mucho más fáciles de trasladar que otras arrastradas por el suelo. Muchos pueblos conocen la conveniencia de abonar sus campos, pero sólo unos pocos se han preocupado por las razones de ello. Las propiedades medicinales de hierbas como la dedalera son conocidas desde hace siglos, aunque no se ha dado de ellas ninguna explicación de sus benéficas virtudes. Además, cuando el «sentido común» trata de dar explicaciones de los hechos —por ejemplo, cuando se explica la acción de la dedalera como estimulante cardíaco por la semejanza de forma entre la flor de esa planta y el corazón humano—, con frecuencia las explicaciones carecen de pruebas críticas de su vinculación con los hechos. A menudo, se puede aplicar al sentido común el famoso consejo que lord Mansfield dio al gobernador, recientemente designado, de una colonia, quien no era versado en leyes: «No hay ninguna dificultad para dictar sentencia en un juicio: sólo hay que oír a ambas partes paciente-mente, luego reflexionar sobre lo que la justicia exige y, por último, decidir de acuerdo con esto; pero nunca dé las razones de su fallo, pues probablemente su juicio será correcto, pero con seguridad sus razones serán erradas».

Es el deseo de hallar explicaciones que sean al mismo tiempo sistemáticas y controlables por elementos de juicio fácticos lo que da origen a la ciencia; y es la organización y la clasificación del conocimiento sobre la base de principios explicativos lo que constituye el objetivo distintivo de las ciencias. Más específicamente, las ciencias tratan de descubrir y formular en términos generales las condiciones en las cuales ocurren sucesos de diverso tipo, y las explicaciones son los enunciados de tales condiciones determinantes. Sólo es posible

lograr este objetivo distinguiendo o aislando ciertas propiedades en el tema estudiado y discerniendo los esquemas de dependencia reiterados que vinculan esas propiedades unas con otras. En consecuencia, cuando la investigación es exitosa, proposiciones que hasta ese momento parecían totalmente desconectadas resultan vinculadas entre sí de determinadas maneras en virtud del lugar que ocupan dentro de un sistema de explicaciones. En algunos casos, es posible dar notable extensión a la investigación. Puede ser que se descubran esquemas de relaciones que abarcan gran cantidad de hechos, de modo que con la ayuda de un pequeño número de principios explicativos pueda demostrarse que un número indefinidamente grande de proposiciones acerca de tales hechos constituye un cuerpo de conocimiento lógicamente unificado. La unificación a veces toma la forma de un sistema deductivo, como en el caso de la geometría deductiva o de la ciencia de la mecánica. Así, bastan unos pocos principios, como los formulados por Newton, para demostrar que están íntimamente relacionadas proposiciones concernientes al movimiento de la Luna, las mareas, las trayectorias de proyectiles y el ascenso de líquidos en tubos delgados, y que es posible deducir rigurosamente todas estas proposiciones a partir de esos principios junto con algunas suposiciones especiales relativas a hechos. De este modo, se obtiene una explicación sistemática de los diversos fenómenos que informan las proposiciones deducidas lógicamente.

No todas las ciencias existentes presentan el cuadro altamente integrado de explicación sistemática que ofrece la ciencia de la mecánica, aunque en muchas de las ciencias —en los dominios de la investigación social y en las diversas disciplinas de la ciencia natural— la idea de tal sistematización lógica rigurosa continúa siendo un ideal. Pero aun en esas ramas de la investigación especializada en la cual no se persigue este ideal, como en buena parte de la investigación histórica, está siempre presente, por lo general, el objetivo de hallar explicaciones de los hechos. Los hombres quieren saber por qué las trece colonias americanas se rebelaron contra Gran Bretaña mientras que Canadá no lo hizo, por qué los antiguos griegos lograron rechazar a los persas pero sucumbieron ante los ejércitos romanos o por qué la actividad urbana y comercial aumentó en la Europa medieval durante el siglo x y no antes. Explicar, establecer cierta relación de dependencia entre proposiciones aparentemente desvinculadas, poner de manifiesto sistemáticamente conexiones entre temas de información

variados: tales son las características distintivas de la investigación científica.

2. Hay otras diferencias entre el sentido común y el conocimiento científico que son consecuencias casi directas del carácter sistemático de este último. Una característica bien conocida del sentido común es que, si bien el conocimiento que pretende poseer puede ser exacto, raramente es consciente de los límites dentro de los cuales sus creencias son válidas o sus prácticas exitosas. Una comunidad que actúe de acuerdo con la regla de que el uso intensivo del abono conserva la fertilidad del suelo puede, en muchos casos, continuar con su tipo de agricultura exitosamente. Pero también puede seguir la regla ciegamente, a pesar del manifiesto empobrecimiento del suelo, y, por lo tanto, puede hallarse desvalida frente a un problema crítico de suministro de alimentos. En cambio, cuando se comprenden las razones de la eficacia del abono como fertilizante, de modo que se vincula la regla en cuestión con principios biológicos y con la química del suelo, se toma conciencia de que dicha regla sólo es de validez restringida, pues se comprende que la eficiencia del abono depende de la persistencia de condiciones que el sentido común, generalmente, desconoce. Pocos negarían su admiración a la tenaz independencia de esos granjeros que, sin mucha educación académica, están provistos de una variedad casi infinita de habilidades y de informaciones correctas en cuestiones que afectan a su medio ambiente inmediato. Sin embargo, la tradicional riqueza de recursos del granjero se halla estrechamente circunscrita: a menudo es ineficaz cuando se produce alguna ruptura en la continuidad de su órbita cotidiana, pues por lo común sus habilidades son el producto de la tradición y de hábitos rutinarios, y no tienen el sostén que da la comprensión de las razones de su éxito. Hablando en términos más generales, el conocimiento de sentido común es sumamente adecuado en situaciones en las que cierto número de factores permanecen prácticamente inalterados. Pero, puesto que habitualmente no se reconoce que esta adecuación depende de la constancia de tales factores —en realidad, quizás hasta se ignore la existencia misma de los factores pertinentes—, el conocimiento de sentido común es incompleto. El objetivo de la ciencia sistemática es eliminar este defecto, aunque sea un objetivo que, con frecuencia, sólo se alcanza parcialmente.

Las ciencias, pues, introducen refinamientos en las concepciones comunes mediante el mismo proceso de poner de manifiesto las conexiones sistemáticas de proposiciones relativas a cuestiones de conocimiento común. De este modo, no sólo se muestra que las prácticas comunes son explicables sobre la base de principios que formulan relaciones entre puntos diversos concernientes a vastos dominios de hechos, sino que también estos principios suministran indicaciones para alterar y corregir los modos habituales de conducta, para hacerlos más efectivos en las situaciones familiares y más adaptables a las nuevas. Esto no significa, sin embargo, que las creencias comunes sean necesariamente erróneas, ni siquiera que sean intrínsecamente más susceptibles de cambio bajo la presión de la experiencia que las proposiciones científicas. En realidad, la antigua y firme estabilidad de las convicciones del sentido común, como la de que las bellotas no se convierten en robles durante la noche o la de que el agua se solidifica si se la enfría lo suficiente, pueden resistir muy bien la comparación con la breve vida de muchas teorías de la ciencia. El punto esencial que cabe destacar es que, como el sentido común muestra poco interés en explicar sistemáticamente los hechos que observa, no se preocupa seriamente por el ámbito de aplicación válida de sus creencias, si bien, de hecho, tal ámbito se halla estrechamente circunscrito.

3. La facilidad con que el hombre común y el hombre de negocios sostienen creencias incompatibles y hasta contradictorias ha sido objeto, a menudo, de comentarios irónicos. Así, los hombres a veces sostendrán la necesidad de aumentar radicalmente la cantidad de dinero pero exigirán, al mismo tiempo, un circulante estable. Exigirán el pago de la deuda externa y también adoptarán medidas para impedir la importación de artículos extranjeros; y emitirán juicios contradictorios sobre los efectos de los alimentos que consumen, sobre el tamaño de los cuerpos que ven, sobre la temperatura de los líquidos y sobre la violencia de los ruidos. Tales juicios contradictorios son, a menudo, el resultado de una preocupación casi exclusiva por las consecuencias y las características inmediatas de los sucesos observados. Mucho de lo que pasa por conocimiento de sentido común se refiere a los efectos que tienen cosas corrientes sobre cuestiones que los hombres valoran; las relaciones entre los sucesos, independientemente de su gravitación sobre las preocupaciones humanas específicas, no son observadas y exploradas sistemáticamente.

La aparición de juicios antagónicos es uno de los estímulos para el desarrollo de la ciencia. Al introducir una explicación sistemática de los hechos, al discernir las condiciones y las consecuencias de los sucesos y al poner de manifiesto las relaciones lógicas entre las proposiciones, la ciencia ataca las fuentes mismas de tales antagonismos. En realidad, un gran número de hombres extraordinariamente capaces ha rastreado las consecuencias lógicas de los principios básicos en diversas ciencias; y un número aún mayor de investigadores ha comparado repetidamente tales consecuencias con otras proposiciones obtenidas como resultado de la observación crítica y el experimento. No hay ninguna garantía total de que, a pesar de estos cuidados, hayan sido eliminadas de estas ciencias contradicciones serias. Por el contrario, las suposiciones incompatibles entre sí sirven a veces como base para las investigaciones en diferentes ramas de la misma ciencia. Por ejemplo, en ciertas partes de la física, se suponía en un tiempo que los átomos son cuerpos perfectamente elásticos, mientras que en otras ramas de la física no se atribuía a los átomos la elasticidad perfecta. Sin embargo, tales contradicciones a veces sólo son aparentes, y la sensación de inconsistencia surge de no comprender que se emplean suposiciones diferentes para la solución de clases de problemas muy diferentes. Además, aun cuando las contradicciones sean genuinas, a menudo sólo son temporales, puesto que es menester emplear suposiciones incompatibles sólo porque aún no se ha elaborado una teoría lógicamente coherente que cumpla las complejas funciones para las cuales fueron introducidas originalmente tales suposiciones. En todo caso, las flagrantes contradicciones que caracterizan con tanta frecuencia a las creencias comunes se hallan ausentes de esas ciencias en las cuales ha avanzado considerablemente la búsqueda de sistemas unificados de explicación.

4. Como ya se ha observado, muchas creencias cotidianas han sobrevivido durante siglos, a diferencia de la vida relativamente corta que tienen a menudo las conclusiones de diversas ramas de la ciencia moderna. Debemos llamar la atención sobre una razón parcial de este hecho. Examinemos un ejemplo de creencia de sentido común, como la de que el agua se solidifica cuando se la enfría lo suficiente, y preguntémosnos qué significan los términos «agua» y «suficiente» en esta afirmación. Es un hecho conocido que la palabra «agua», cuando es usada por quienes no están familiarizados con la ciencia

moderna, por lo general no tiene un significado absolutamente claro. Así, se la emplea con frecuencia como nombre de toda una variedad de líquidos, a pesar de las importantes diferencias fisicoquímicas que hay entre ellos, pero también se les niega con frecuencia a otros líquidos, aunque éstos no difieran entre sí, en sus características fisicoquímicas esenciales, en mayor medida que los fluidos anteriores. De este modo, la palabra «agua» puede ser usada para designar al líquido que cae del cielo en forma de lluvia, al que brota del suelo en las fuentes, al que fluye por los ríos y por las zanjas junto a los caminos y al que constituye los mares y los océanos; pero se la emplea con menos frecuencia, si es que siquiera se la emplea, para designar los líquidos que brotan de los frutos cuando se los presiona, los contenidos en sopas y otras bebidas y los que brotan de los poros de la piel humana. Análogamente, la palabra «suficiente», cuando se la usa para caracterizar un proceso de enfriamiento, puede significar a veces una diferencia tan grande como la que hay entre la temperatura máxima de un día de verano y la temperatura mínima de un día de pleno invierno; otras veces, tal palabra puede aludir a una diferencia no mayor que la existente entre las temperaturas del mediodía y el crepúsculo de un día de invierno. En resumen, en su uso común para caracterizar cambios de temperatura, la palabra «suficiente» no está asociada a una especificación precisa de su amplitud.

Si puede tomarse el ejemplo anterior como típico, el lenguaje en el cual se formula y se transmite el conocimiento de sentido común revela dos tipos importantes de indeterminación. En primer lugar, los términos del lenguaje ordinario pueden ser muy vagos, en el sentido de que la clase de cosas designadas por ellos no está nítida y claramente delimitada de la clase de las cosas no designadas por él (y, de hecho, pueden superponerse ambas clases en considerable medida). Por consiguiente, el ámbito de la presunta validez de los enunciados que emplean tales términos no tiene límites definidos. En segundo lugar, los términos del lenguaje ordinario pueden carecer de un grado importante de especificidad, en el sentido de que las grandes distinciones establecidas por los términos no basten para caracterizar diferencias más específicas, pero importantes, entre las cosas denotadas por los términos. Como consecuencia de esto, las relaciones de dependencia entre sucesos no quedan formuladas de una manera precisamente determinada por los enunciados que contienen tales términos.

Debido a estas características del lenguaje ordinario, con frecuencia es difícil realizar el control experimental de las creencias del sentido común, ya que no es posible establecer claramente la distinción entre elementos de juicio que confirman tales creencias y elementos de juicio que las contradicen. Así, la creencia de que, «en general», el agua se solidifica cuando se la enfría lo suficiente puede bastar para las necesidades de personas cuyo interés en el fenómeno del congelamiento está limitado por su preocupación por lograr los objetivos rutinarios de sus vidas cotidianas, a pesar de que el lenguaje empleado para expresar esta creencia sea vago y carezca de especificidad. Por eso, tales personas pueden no ver razón alguna para modificar su creencia, aunque observen que el agua del océano no se congela aun cuando su temperatura sea sensiblemente la misma que la del agua de pozo cuando ésta se solidifica, o aunque algunos líquidos deban ser enfriados más que otros para pasar al estado sólido. Si se los acucia a justificar sus creencias frente a tales hechos, estas personas quizás excluyan arbitrariamente a los océanos de la clase de cosas a las que llaman agua; o, alternativamente, pueden expresar una renovada confianza en su creencia, independientemente del grado de enfriamiento que pueda requerirse, arguyendo que los líquidos clasificados como agua realmente se solidifican cuando se los enfría.

En su búsqueda de explicaciones sistemáticas, la ciencia, en cambio, debe disminuir la indicada indeterminación del lenguaje corriente sometiénolo a modificaciones. Por ejemplo, la química física no se contenta con la generalización formulada vagamente de que el agua se solidifica si se la enfría lo suficiente, pues el propósito de esta disciplina es, entre otras cosas, explicar por qué el agua potable y la leche se congelan a determinadas temperaturas a las que el agua de los océanos no se congela. Para alcanzar este objetivo, la química física debe introducir, por lo tanto, distinciones claras entre diversos tipos de agua y entre diversas medidas de enfriamiento. Hay varios recursos para reducir la vaguedad y aumentar la especificidad de las expresiones lingüísticas. Para muchos propósitos el recuento y la medición son las más efectivas de estas técnicas y, quizás, las más familiares. Los poetas pueden cantar la infinidad de estrellas que pueblan los cielos visibles, pero el astrónomo querrá establecer su número exacto. El artesano que trabaja con metales puede contentarse con saber que el hierro es más duro que el plomo, pero el físico que

desea explicar este hecho necesitará una medida precisa de la diferencia de dureza. Por ende, una consecuencia obvia, pero importante, de la precisión introducida de este modo es que los enunciados se hacen más susceptibles de ser sometidos a pruebas completas y críticas a través de la experiencia. Con frecuencia es imposible someter las creencias precientíficas a pruebas experimentales definidas, simplemente porque tales creencias pueden ser vagamente compatibles con una clase indeterminada de hechos no analizados. Los enunciados científicos, debido a que se les exige estar de acuerdo con materiales de observación especificados con mayor rigor, enfrentan riesgos mayores de ser refutados por tales datos.

Esta diferencia entre el conocimiento común y el científico es aproximadamente análoga a las diferencias en los niveles de destreza que pueden establecerse para manejar armas de fuego. Los hombres se clasificarían, en su mayoría, como expertos tiradores, si el patrón de destreza fuera la capacidad para darle a la pared de un granero desde una distancia de treinta metros. Pero sólo un número mucho menor de individuos satisfaría el requisito más riguroso de centrar sus tiros en un blanco de ocho centímetros al doble de la distancia anterior. Análogamente, es más probable que se cumpla la predicción de que el sol sufrirá un eclipse durante los meses de otoño que la predicción de que el eclipse se producirá en un momento específico de un día determinado del otoño. La primera predicción se cumplirá si el eclipse se produce en un día cualquiera de esos tres meses; la segunda predicción quedará refutada si el eclipse no se produce dentro de una pequeña fracción de un minuto a partir del momento especificado. La última predicción puede ser falsa sin que lo sea la primera, pero no a la inversa; y la última predicción, también, debe satisfacer, por lo tanto, normas más rigurosas de control experimental que las estipuladas para la primera.

Esta mayor determinación del lenguaje científico explica por qué tantas creencias del sentido común tienen una estabilidad —pues a menudo perduran durante siglos— que pocas teorías de la ciencia poseen. Es más difícil elaborar una teoría que permanezca incommovida por la repetida confrontación con los resultados de laboriosas observaciones experimentales cuando se establecen normas rigurosas para el acuerdo que debe existir entre tales datos experimentales y las predicciones derivadas de la teoría, que cuando tales normas son débiles y no se exigen elementos de juicio experimentales admi-

sibles y establecidos por procedimientos cuidadosamente controlados. De hecho, las ciencias más avanzadas especifican casi invariablemente la medida en que las predicciones basadas en una teoría pueden desviarse de los resultados de la experimentación sin invalidar tal teoría. Los límites de tales desviaciones permisibles habitualmente son muy estrechos, de modo que las discrepancias entre la teoría y la experimentación que el sentido común consideraría insignificantes a menudo son consideradas, en la ciencia, fatales para la bondad de las teorías.

Por otro lado, aunque la mayor determinación de los enunciados científicos los expone a riesgos mayores de ser considerados erróneos que los que enfrentan las creencias del sentido común, formuladas con menor precisión, los primeros tienen una importante ventaja sobre estas últimas: presentan mayor capacidad para incorporarse a sistemas explicativos vastos pero claramente articulados. Cuando tales sistemas se hallan adecuadamente confirmados por los datos experimentales, con frecuencia codifican insospechadas relaciones de dependencia entre muchas variedades de hechos experimentalmente identificables pero distintos. En consecuencia, los elementos de juicio confirmatorios para los enunciados pertenecientes a tal sistema a menudo pueden ser acumulados más rápidamente y en mayores cantidades que para los enunciados no pertenecientes al sistema (como los que expresan creencias de sentido común). Esto se debe a que los elementos de juicio para los enunciados de tal sistema pueden obtenerse mediante observaciones de una extensa clase de sucesos, muchos de los cuales pueden no ser mencionados explícitamente por esos enunciados, pero que son, sin embargo, fuentes de datos importantes para los mismos, dadas las relaciones de dependencia que establece el sistema entre los sucesos de esta clase. Por ejemplo, los datos del análisis espectroscópico se emplean en la física moderna para someter a prueba suposiciones concernientes a la estructura química de diversas sustancias; y los experimentos sobre las propiedades térmicas de los sólidos son utilizados en apoyo de teorías acerca de la luz. En resumen, al aumentar la determinación de los enunciados e incorporarlos a sistemas explicativos lógicamente integrados, la ciencia moderna agudiza los poderes de discriminación de sus procedimientos de prueba y aumenta las fuentes de elementos de juicio para sus conclusiones.

5. Ya hemos mencionado al pasar que, mientras que el conocimiento del sentido común se interesa principalmente por la influencia de los sucesos sobre cuestiones que son objeto de especial valoración por los hombres, la ciencia teórica, en general, no es tan limitada en sus preocupaciones. La búsqueda de explicaciones sistemáticas exige que la investigación sea orientada hacia las relaciones de dependencia entre las cosas sin tomar en consideración su influencia sobre las valoraciones humanas. Así, para tomar un caso extremo, la astrología se interesa por las posiciones relativas de las estrellas y los planetas con el fin de establecer la influencia de tales conjunciones sobre los destinos de los hombres. En cambio, la astronomía estudia las posiciones relativas y los movimientos de los cuerpos celestes sin referencia al porvenir de los seres humanos. Análogamente, los criadores de caballos y de otros animales han adquirido mucha habilidad y mucho conocimiento con respecto al problema de obtener razas que satisfagan ciertos propósitos humanos; pero los biólogos teóricos, en cambio, sólo incidentalmente se preocupan por tales problemas; se interesan, sobre todo, por analizar, entre otras cosas, los mecanismos de la herencia y obtener leyes del desarrollo genético.

Una consecuencia importante de esa diferencia de orientación entre el conocimiento teórico y el de sentido común, sin embargo, es que la ciencia teórica deja de lado, deliberadamente, los valores inmediatos de las cosas, de tal manera que los enunciados de la ciencia a menudo sólo parecen remotamente relacionados con los sucesos y características familiares de la vida cotidiana. Para muchas personas, por ejemplo, parece haber un abismo infranqueable entre la teoría electromagnética, que suministra una explicación sistemática de los fenómenos ópticos, y los brillantes colores que vemos en el crepúsculo; y la química de los coloides, que contribuye a comprender la organización de los seres vivos, parece estar a una distancia igualmente lejana de los múltiples rasgos de personalidad que manifiestan los seres humanos.

Debe admitirse, sin duda, que los enunciados científicos utilizan conceptos muy abstractos, cuya relación con las cualidades comunes que manifiestan las cosas en su escenario cotidiano no es en modo alguno obvia. Sin embargo, la importancia de tales enunciados para cuestiones que surgen en la vida cotidiana es también indiscutible. Es necesario recordar que el carácter desusadamente abstracto de las nociones científicas, así como su presunta «lejanía» de las caracterís-

ticas que presentan las cosas en la experiencia cotidiana, son concomitantes inevitables de la búsqueda de explicaciones sistemáticas y de gran alcance. Sólo es posible elaborar tales explicaciones si puede demostrarse que la aparición de esas cualidades y relaciones familiares de las cosas, en términos de las cuales habitualmente se identifican y se diferencian los objetos individuales, depende de la presencia de otras propiedades relacionales o estructurales que caracterizan, de maneras diversas, a una extensa clase de objetos y procesos. Por consiguiente, para lograr una explicación general de cosas cualitativamente diversas, es necesario formular esas propiedades estructurales sin referencia a las cualidades y relaciones individualizantes de la experiencia familiar, y abstraerse de ellas. Para lograr tal generalidad, por ejemplo, en física no se define la temperatura de los cuerpos en función de diferencias de calor experimentadas directamente, sino en términos de ciertas relaciones formuladas abstractamente y que caracterizan a una extensa clase de ciclos térmicos reversibles.

Sin embargo, aunque la formulación abstracta es una característica indudable del conocimiento científico, sería un error suponer que el conocimiento de sentido común no utiliza concepciones abstractas. Todo el que crea que el hombre es un ser mortal emplea, ciertamente, las abstractas nociones de humanidad y mortalidad. Las concepciones de la ciencia no difieren de las del sentido común simplemente en que las primeras sean abstractas. Difieren en el hecho de ser formulaciones de propiedades estructurales muy generales, abstraídas de las características familiares manifestadas por clases limitadas de objetos habitualmente sólo en condiciones muy especiales, relacionadas con cuestiones susceptibles de observación directa sólo a través de procedimientos lógicos y experimentales complejos, y articulados con el fin de elaborar sistemas explicativos para grandes conjuntos de fenómenos diversos.

6. La importante diferencia que deriva de la deliberada política de la ciencia de exponer sus afirmaciones cognoscitivas al repetido desafío de datos observacionales críticamente probatorios y obtenidos en condiciones cuidadosamente controladas está implícita en el contraste ya indicado entre la ciencia moderna y el sentido común. Pero como ya hemos dicho antes, esto no significa que las creencias del sentido común sean invariablemente erróneas o que no se basen en hechos empíricamente verificables. Significa que las creencias del

sentido común no están sometidas, como principio establecido, a un escrutinio sistemático a la luz de datos obtenidos para determinar la exactitud de esas creencias y el ámbito de su validez. También significa que los elementos de juicio admitidos en la ciencia deben ser obtenidos mediante procedimientos instituidos con el propósito de eliminar fuentes conocidas de error; y significa, además, que el peso de los elementos de juicio disponibles para cualquier hipótesis propuesta como solución para el problema que se investiga es valorado sobre la base de criterios de evaluación cuya autoridad misma se basa, a su vez, en la aplicación de esos criterios a una extensa clase de investigaciones. Por consiguiente, la búsqueda de explicaciones en la ciencia no es simplemente una búsqueda de «primeros principios» plausibles, *prima facie*, que permitan explicar de una manera vaga los «hechos» familiares de la experiencia corriente. Por el contrario, es una búsqueda de hipótesis explicativas que sean genuinamente estables, porque se les exige que tengan consecuencias lógicas suficientemente precisas como para no ser compatibles con casi todo estado de cosas concebible. Las hipótesis buscadas, por lo tanto, deben estar sujetas a la posibilidad de rechazo, que dependerá del resultado de los procedimientos críticos, inherentes a la búsqueda científica, que se adopten para determinar cuáles son los hechos reales.

La diferencia descrita puede ser expresada mediante la afirmación de que las conclusiones de la ciencia, a diferencia de las creencias del sentido común, son los productos del método científico. Pero no hay que malinterpretar esta sucinta formulación. No se la debe entender, por ejemplo en el sentido de que la práctica del método científico consiste en seguir reglas prescritas para hacer descubrimientos experimentales o para hallar explicaciones satisfactorias de cuestiones de hecho. No hay reglas para el descubrimiento y la invención en la ciencia, como no las hay en las artes. Tampoco debe interpretarse tal formulación en el sentido de que la práctica del método científico consiste en el uso, en todas las investigaciones, de cierto tipo de técnicas (como las técnicas de medición empleadas en física), independientemente del tema o el problema que se investigue. Tal interpretación de la afirmación aludida sería una caricatura de su propósito; en todo caso, si se adoptara esta interpretación nuestra afirmación sería absurda. Por último, no debe entenderse la fórmula en el sentido de que la práctica del método científico elimina de manera efectiva toda forma de sesgo personal o fuente de error que

pudiera invalidar el resultado de la investigación, ni en el sentido de que tal práctica asegura —en un plano más general— la verdad de toda conclusión a la que lleguen las investigaciones que emplean dicho método. En realidad, es imposible dar seguridades de este tipo; ningún conjunto de reglas establecidas de antemano puede servir como salvaguardia automática contra prejuicios insospechados y otras causas de error que puedan afectar adversamente al curso de una investigación.

La práctica del método científico consiste en la persistente crítica de argumentaciones, a la luz de criterios probados para juzgar la confiabilidad de los procedimientos por los cuales se obtienen los datos que sirven como elementos de juicio y para evaluar la fuerza probatoria de esos elementos de juicio sobre los que se basan las conclusiones. Estimada según las normas prescritas por esos criterios, una hipótesis determinada puede hallar fuerte apoyo en los elementos de juicio establecidos; pero este hecho no garantiza la verdad de la hipótesis, aun cuando los enunciados que expresan los elementos de juicio sean considerados verdaderos, a menos que —contrariamente a las normas supuestas habitualmente para los datos observacionales en las ciencias empíricas— el grado de apoyo sea el que las premisas de un razonamiento deductivo válido dan a su conclusión. Por consiguiente, la diferencia entre las aserciones cognoscitivas de la ciencia y las del sentido común —diferencia derivada del hecho de que las primeras son los productos del método científico— no implica que las primeras sean invariablemente verdaderas. Implica que las creencias del sentido común son aceptadas generalmente sin una evaluación crítica de los elementos de juicio disponibles, mientras que los elementos de juicio que apoyan las conclusiones de la ciencia se adecuan a patrones tales que una proporción importante de las conclusiones basadas en elementos de juicio estructurados de manera similar sigue estando de acuerdo con datos fácticos adicionales, cuando se obtienen nuevos datos.

Pero pospondremos para más adelante el examen detallado de estas consideraciones. No obstante, es necesario hacer en este punto una breve aclaración. Si las conclusiones de la ciencia son los productos de investigaciones conducidas de acuerdo con una política definida para obtener y evaluar elementos de juicio, la justificación para confiar en estas conclusiones debe basarse en los méritos de esta política. Debe admitirse que los cánones para estimar elementos de

juicio que definen la política científica sólo han sido explícitamente codificados en parte, en el mejor de los casos, y sólo operan fundamentalmente como hábitos intelectuales manifestados por los investigadores competentes en la conducción de sus indagaciones. Pero a pesar de este hecho, el registro histórico de lo que se ha logrado mediante esta política en el ámbito del conocimiento digno de confianza y sistemáticamente ordenado deja poco lugar a dudas en lo concerniente a la superioridad de esa política sobre otras alternativas de la misma.

Este breve examen de las características que distinguen, en general, las aserciones cognoscitivas y el método lógico de la ciencia moderna sugiere un detallado estudio de una gran variedad de cuestiones. Las conclusiones de la ciencia son los frutos de un sistema institucionalizado de investigación que desempeña un papel cada vez más importante en la vida de los hombres. Es por ello por lo cual la organización de esta institución social, las circunstancias y las etapas de su desarrollo y su influencia, así como las consecuencias de su expansión, han sido reiteradamente exploradas por sociólogos, economistas, historiadores y moralistas. Sin embargo, para comprender adecuadamente la naturaleza de la empresa científica y su lugar en la sociedad contemporánea, es necesario someter también a un análisis cuidadoso los tipos de enunciados científicos y su articulación, así como la lógica por la cual se establecen conclusiones científicas. Se trata de una tarea —importante, si no excluyente— que trata de realizar la filosofía de la ciencia. El examen que acabamos de efectuar sugiere la delimitación de tres grandes dominios, en los cuales se realiza tal análisis: el de los esquemas lógicos que presentan las explicaciones de las ciencias, el de la construcción de conceptos científicos y el de la validación de conclusiones científicas. Los capítulos que siguen tratan principalmente, aunque no exclusivamente, de problemas concernientes a la estructura de las explicaciones científicas.