

SECCIÓN SEGUNDA

XIII LA NATURALEZA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

“Me ipsum autem ad veritatis contemplationes, quam ad alia, magis fabrefactum deprehendi; ut qui mentem et ad rerum similitudinem (quod maximum est) agnoscendam satis mobilem, et ad differentiarum subtilitates observandas satis fixam et intentam haberem; qui et quaerendi desiderium, et dubitandi patientiam, et meditandi voluptatem, et asserendi cunctationem, et resipiscendi facilitatem, et disponendi sollicitudinem tenerem; quique nec novitatem affectarem, nec antiquitatem admirarer, et omnem imposturam odissem ” —FRANCIS BACON

§ 1 *La importancia del orden*

EL PENSAMIENTO científico es pensamiento controlado y dirigido, es esencialmente *metódico*. El pensamiento controlado, en la medida en que tiene éxito, produce la organización de hechos aprehendidos originalmente de manera fragmentaria, inconexa y, quizá, discordante. La organización se logra mediante el descubrimiento de conexiones a través de las cuales se relaciona un hecho con otro. Los hechos aislados, dados en forma inconexa, se hacen encajar unos con otros en una colocación ordenada que produce lo que, relativamente al punto de partida, puede considerarse como un todo o un sistema. El orden no es lo mismo que el sistema. Lo que está ordenado son los hechos particulares, el sistema es la colocación ordenada resultante. La palabra vaga “hecho” ha sido utilizada porque es peculiarmente apropiada al tipo de orden que es más aparente en el comienzo de la investigación científica. Pero *orden* es un concepto requerido para otros propósitos diferentes de la ciencia. Al intentar explicar qué es el orden, es conveniente emplear el término *elemento*. Los elementos, entonces, pueden ser considerados como individuos, como hechos, como objetos de cualquier clase; los elementos son los que están ordenados. Tenemos que contrastar una colección desordenada de individuos con una disposición ordenada. Una disposición, o clase, de elementos no es, como tal, una disposición ordenada. Es decir, el orden no se logra mediante la organización en clase. Si todo lo que sabemos de un individuo es que pertenece a una clase cuya propie-

dad definidora conocemos, entonces lo que sabemos de ese individuo está limitado a lo que puede deducirse de esa propiedad definidora. El conocimiento acerca de otros miembros de la clase no nos da un conocimiento adicional de este individuo. Con una disposición ordenada sucede de otra manera.

Considérese, por ejemplo, la clase compuesta de todas las personas en un edificio dado, digamos una casa de reuniones de los cuáqueros. Podemos inferir acerca de algunos de ellos, con cierto grado de probabilidad, que tendrán características generalmente asociadas con los cuáqueros. Pero pueden estar presentes otras personas que no sean cuáqueros. Aun si excluimos estas personas, suponiendo así que sólo hay cuáqueros en el edificio, todo lo que sabemos acerca de cualquiera de estos individuos es lo que está dado en la propiedad definidora de *cuáquerismo*. Pero supóngase ahora que el edificio es la Estación Central de Correos. Aquí tenemos personas que obran de cierta manera en virtud de que son miembros de cierta organización. Ya no se requiere el edificio para seleccionar el conjunto de individuos. Incluimos todos los individuos ordenados por la organización de Correos. Asimismo, una organización comercial, como las tiendas Selfridge, *ordena* un conjunto de individuos cuyas propiedades están determinadas no tan sólo por ser miembros de una clase, sino por ser miembros de una disposición ordenada. Un tribunal, un colegio, una escuela, un hogar bien atendido constituyen ejemplos de disposición ordenada. Decir que un hogar está "bien atendido" es decir que exhibe una disposición ordenada, que los deberes y privilegios de sus miembros están determinados por su posición en la organización. Así, una disposición ordenada es lo que se significa usualmente cuando se habla de sistema. El sistema es un sistema porque consta de elementos *ordenados*. La palabra "sistema" se emplea a menudo de tal modo que restrinja su aplicación a las disposiciones que exhiben ciertos tipos de orden. Pero es mejor no restringirla así y admitir que el ordenamiento es susceptible de grados.

Podemos decir con mayor precisión que un conjunto de elementos exhibe orden cuando, dadas las propiedades de algunos miembros del conjunto, las propiedades de otros miembros del conjunto, o cuando menos de algunos de ellos, quedan por lo tanto determinadas. Esta determinación se debe a la *relación* que ordena el conjunto, no es una propiedad de los elementos considerados como una clase. Por ejemplo, los individuos que son ordenados por la organización de Correos pueden ser miembros de diversas clases y de otros diversos órdenes, pueden ser también padres, novelistas, ciudadanos. Así, pues, un orden es una relación que ordena los miembros de una clase —es decir, un conjunto de elementos— *en cierta forma*.¹ Cuando sabemos

¹ Una muchedumbre es desordenada cuando los movimientos de cualesquiera miembros son independientes de los movimientos de cualesquiera otros miembros. Es ordenada en la proposición en que los miembros están empeñados en hacer la misma cosa o son determinados en sus movimientos por

cómo está ordenado un conjunto de elementos, tenemos una base para la inferencia. El sistema solar constituye un caso de un conjunto ordenado de elementos.² Un conjunto de individuos sujetos a un código de disciplina, tal como un ejército, es un conjunto ordenado. El orden se encuentra en todos los departamentos de la vida. Lo que se llama civilización depende en gran medida del establecimiento de diversos órdenes que nos permiten dar por supuestas muchas cosas. Así podemos trazar nuestra conducta con referencia al sistema de orden de los Ferrocarriles, los Correos, el Código Penal, etcétera. Dados estos sistemas ordenados, podemos extraer inferencias relativas a la conducta de otros elementos del sistema. Hay diversos tipos de orden, así como son diversos los grados en que se puede hallar el ordenamiento. Una obra de arte exhibe un tipo de orden, que puede contrastarse con el tipo de orden que exhibe una escuela, un gobierno o una oficina de correos.

La introducción del orden en lo que era desordenado puede tener, entonces, todos los grados de complicación, y estas complicaciones pueden ser de varias clases. En la mayor parte de los casos, el orden se descubre mediante el pensamiento reflexivo. No está en la superficie de lo que constituye la experiencia. Esto es obvio, puesto que cualquier conjunto de individuos dado puede ser ordenado de diferentes maneras. El hombre promedio, cuyos intereses son prácticos, reconoce fácilmente un orden en los fenómenos periódicos y en gran escala de la naturaleza: el cambio recurrente del día a la noche, las fases de la luna, las mareas y, en algunas partes de la superficie del globo terráqueo, el retorno de las estaciones. No cabe duda que el hombre corriente —enterado pero comparativamente inculto— del siglo xx asentiría a la afirmación de que los fenómenos de la naturaleza son ordenados, del mismo modo que, pese al testimonio evidente de sus sentidos, asentiría a la afirmación de que la Tierra gira alrededor del Sol. Esta disposición a admitir un orden que no ha sido aprehendido es indudablemente, en parte, el resultado de la adaptación a nuestra civilización mecánica. El orden es más *aparente* donde el hombre ha trabajado. La rutina de la vida cotidiana en una comunidad moderna presenta un orden del tipo que se aprehende más fácilmente. Ella comparte, además, en considerable medida, la pe-

los movimientos de otros miembros, por ejemplo: en un mercado donde algunos son compradores y otros vendedores. La diferencia puede expresarse formalmente de la siguiente manera: una muchedumbre es desordenada cuando los movimientos de A, B, etcétera, no guardan con N, S, etcétera, una relación tal que forme una base de inferencia; la muchedumbre es ordenada en la proporción en que tal inferencia es posible.

² El sistema solar puede considerarse como un *orden*, puesto que del hecho de que un planeta tiene tal o cual posición es posible extraer inferencias. Tales inferencias deben distinguirse de aquellas que dependen de las leyes generales del movimiento planetario, por ejemplo: la ley newtoniana de la gravitación.

riodicidad de los fenómenos naturales. Mientras no ocurre ningún desastre súbito o abrumador que interrumpa la rutina, su orden es aceptado como *natural* y como fuente del tipo de orden en cuyos términos debe interpretarse el orden de la naturaleza.

La necesidad de orden en los acontecimientos de la vida cotidiana es obvia. Sin cierto grado de orden, nuestra vida sería una pesadilla caótica, aun cuando no sería *aprehendida* como tal. Los informes que tenemos de los pueblos primitivos nos revelan su lucha para imponerles algún orden a los acontecimientos, a fin de poder controlarlos. En su *uniformidad ritual*, en su *origen práctico* y en su *desarrollo frente a diferentes situaciones*, las prácticas mágicas son afines a la ciencia. No nos interesa en este punto trazar el desarrollo de la magia primitiva a la ciencia moderna. Basta señalar la continuidad lógica del desarrollo, no importa cuán interrumpido haya sido su progreso histórico y cuán diversa su finalidad última. La continuidad se debe al intento de lograr un orden frente a los hechos.

La pertinencia del asunto del orden respecto de la indagación sistemática puede considerarse, pues, como evidente. El pensamiento científico consiste esencialmente en la organización, o coordinación, de los hechos con los que trata. Una colección de hechos inconexos no constituye una ciencia, como tampoco una multitud de hombres constituye un colegio ni un montón de ladrillos un edificio. Las ciencias no tienen que ver con los hechos como tales, sino con los hechos ordenados. Una diferencia principal entre las etapas primitivas de la ciencia y las etapas posteriores se encuentra en la prominencia creciente del orden. Lo que es importante en última instancia para la ciencia es el tipo de orden, más bien que los elementos que están ordenados. Por esta razón, la ciencia más desarrollada, o sea la física teórica, parece tener que ver con algo sumamente alejado de lo que el hombre ordinario consideraría como un *hecho*. La ciencia tiene su origen en el intento de coordinar los hechos de la experiencia sensorial; pero, en el descubrimiento del tipo apropiado de orden, pasa a la consideración de un *diferente orden de hechos*. Los hechos aislados son inútiles para la ciencia. Hechos tales como que el canto de un cuclillo se escuchó cierto día del pasado mes de abril, que está ocurriendo un eclipse solar, que un gusano ha sido cortado en dos, no constituyen, como *hechos aislados*, ni siquiera la materia prima de la ciencia. Esto es obvio, pero no siempre se recuerda. El niño que recoge conchas al azar en la playa o que para su deleite inmediato arranca flores que después deja caer a la vera del camino, no se halla más lejos de la investigación científica que el hombre que sabe que el agua hierve a los 100° centígrados pero no puede utilizar este hecho para coordinar otros hechos. Pero el niño que pone sus conchas en cierta disposición, aunque cuando ésta esté determinada por su tamaño o por la fecha en que las encontró, está colocando las conchas dentro de un orden que hace posible la inferencia. Está siguiendo un

procedimiento no del todo disímil de la etapa primitiva del método científico

§ 2.ª “Ciencias” y “método científico”

No es posible dar una definición precisa de lo que significa “ciencia”. Es posible, sin embargo, señalar ciertas características que distinguen esas ramas del conocimiento llamadas “ciencias” de otras que no son llamadas así. El hombre ordinario usa la palabra “ciencia” más o menos correctamente. Si se le preguntara qué significa “ciencia”, probablemente contestaría dando una lista de las ciencias naturales —astronomía, física, química, geología, zoología, botánica, fisiología— añadiendo quizá las matemáticas. Posiblemente incluiría la psicología. Esta contestación podría deberse a la creencia de que lo que constituye una “ciencia” es la *clase de hechos* estudiados. Todas las ciencias naturales tratan hechos relativos a la experiencia sensorial de una manera obvia. Demos a esos hechos el nombre de *hechos sensoriales*. Entonces un hecho *sensorial* es un *hecho observable*. Pero una mera colección de tales hechos no basta para constituir una ciencia. Se necesita además una cierta clase de actitud frente a los hechos y un método predominantemente lógico. Por esta razón, el estudiante de lógica tiene que ver con la ciencia. Las exigencias de este método determinan si un hecho observable dado es un dato posible para la ciencia. Es decir, que el científico selecciona aquellos datos que pueden ser tratados de acuerdo con su método. Tenemos, entonces, dos características que pertenecen a la ciencia: la selección de cierta clase de hechos y el uso de cierta clase de método. La dependencia de la primera de estas características respecto de la segunda puede ilustrarse por medio de la controversia acerca de si la psicología es una ciencia. Quienes niegan que lo sea afirman que el psicólogo emplea un método especial, llamado introspección, que no se puede sujetar a las pruebas de la ciencia; quienes afirman que la psicología sí es una ciencia, o bien niegan que ésta utilice la introspección o bien afirman que este método es científico.³ En la medida en que haya una controversia acerca de cuáles son los *datos* de la psicología, la controversia recae sobre *qué clase de hechos* pueden ser investigados por medio del método científico. Es el método empleado lo que determina si un estudio dado es una ciencia o no.⁴ La aplicabilidad

³ Los psicólogos “behavioristas” sostienen lo primero; Bertrand Russell sostiene lo segundo.

⁴ El uso moderno de la palabra “ciencia” daría a entender, ordinariamente, una antítesis de “filosofía”. Pero en los siglos diecisiete y dieciocho, lo que ahora llamamos “ciencia natural” se llamaba “filosofía natural”. Es en este sentido que Newton usa “filosofía” y “filosófico”. La palabra “ciencia”, según Merz, “adquirió su actual significado definido hacia la época de la formación de la Asociación Británica para el Avance de la Ciencia (1831)”

de este método a los hechos del mundo exterior es lo que hace científicas a las llamadas ciencias naturales. La distinción entre una rama de una ciencia natural y otra es determinada por la clase de hechos que trata. El grado de rigor con que puede utilizarse el método depende de la naturaleza de los hechos investigados. Mientras menos riguroso sea el método, menos avanzada es la ciencia.

Las ciencias naturales, pues, tienen que ver con la investigación de hechos observables de acuerdo con cierto método. Este énfasis en el método nos permite advertir que las matemáticas son también una ciencia. Pero las matemáticas son fundamentalmente diferentes de las ciencias naturales. El que una proposición afirmada en la ciencia natural sea verdadera, depende de lo que hay realmente en el mundo; la prueba última radica en el recurso que se hace a lo que es observable. Una proposición matemática es independiente de lo que existe. La distinción entre las matemáticas y las ciencias naturales es la distinción entre la ciencia pura y la ciencia empírica; la oposición es entre ciencia *pura* y ciencia *empírica*, no entre ciencia *pura* y ciencia *aplicada*. El adjetivo "empírica" se deriva de "experiencia". No es fácil definir "experiencia", pero la noción puede hacerse más clara con la ayuda de ejemplos. Un ciego no puede tener una experiencia que consista en tener conciencia de una mancha roja; es decir, él no puede tener conocimiento directo del referendo de "rojo". En consecuencia, no sabe qué *significa* "rojo". Un sordo no puede estar consciente del sonido de B# en un violín; un parálítico de nacimiento no puede tener conciencia de sensaciones en las piernas como las que experimentan las personas normales al caminar. Aquellos que pueden ver, oír y caminar pueden tener tales experiencias, su conocimiento es empírico. Si nada en el mundo fuese rojo, nadie podría tener la experiencia que consiste en ver una mancha roja. La *mancha roja*, el *sonido de B# en un violín*, son ejemplos de lo que hemos llamado hechos sensoriales. Sólo pueden conocerse por conocimiento directo. La proposición "Algunas rosas son rojas" debe ser falsa si no hay nada en el mundo que sea rojo. Sólo *podría conocerse* como verdadera si alguien hubiese visto una rosa roja. Los hechos que sólo se *pueden* conocer por medio de la observación sensorial son hechos empíricos. Tales hechos empíricos constituyen los datos originales de las ciencias naturales, y, en consecuencia, son llamados empíricos. Las proposiciones matemáticas, al ser independientes de lo que existe, son independientes de la experiencia. Es cierto que por primera vez llegamos a saber que $2 + 2 = 4$ al observar dos conjuntos de dos cosas y un conjunto de cuatro cosas. Pero es fácil que la verdad de la proposi-

Señala este autor que en Francia se la había usado con ese significado mucho antes. Así, la "Académie des Sciences", fundada en 1666, empleaba la palabra en su significado actual; mientras que el principal organismo científico inglés, fundado en 1662, era conocido por el título de "La Real Sociedad para el Mejoramiento del Conocimiento Natural" (Véase Merz, *History of european thought in the Nineteenth Century*, I, p. 89)

ción $2 + 2 = 4$ es independiente de estos conjuntos de cosas y podría haber sido conocida sin referencia a ellos. Este no es el caso con una proposición empírica. El que la proposición "El azúcar se disuelve en agua" sea verdadera depende de lo que hay realmente en el mundo; sólo podría ser conocida como verdadera mediante la observación de trozos particulares de azúcar. Esta diferencia en la naturaleza de una proposición matemática y de una proposición empírica implica alguna diferencia en el método empleado por el matemático y por el científico empírico. Debido a su independencia respecto de los hechos empíricos, las matemáticas son una ciencia totalmente deductiva; por lo tanto, emplean un método de demostración exacta. En otras palabras, las matemáticas son una ciencia formal. Las ciencias empíricas, en cambio, dependen de la generalización a partir de la experiencia; sus conclusiones no son demostradas, sino verificadas mediante la observación sensorial. En otras palabras, la ciencia empírica implica la inducción. De la naturaleza precisa de la inducción trataremos en el siguiente capítulo. Aquí basta señalar que las ciencias empíricas difieren de las matemáticas tanto en la naturaleza de su objeto de estudio como en su método. Ello no obstante, ambas son ciencias porque su método ha sido desarrollado únicamente con la finalidad de comprender los hechos que les interesan. El científico se propone ordenar los hechos de modo que sean inteligibles.

Las ciencias son, pues, ramas ordenadas del conocimiento. El método de ordenar los datos es el *método científico*. El adjetivo "científico", sin embargo, se emplea a menudo más ampliamente que el sustantivo correspondiente "ciencia". Se le extiende para caracterizar todos los procesos del pensamiento que terminan en conclusiones que un hombre razonable puede aceptar. Cuando decimos que alguien tiene una "mente científica", significamos que sus convicciones son convicciones *razonadas*, que antes de llegar a una conclusión pondera la evidencia, tomando en cuenta todos los hechos pertinentes. No acepta una conclusión simplemente porque esté en armonía con sus deseos; ni tampoco consideraría que tal armonía es una *razón* para rechazar la conclusión. Esta disposición a aceptar sólo lo que los hechos justifican es una característica del pensador científico. En el sentido más estrecho, el pensador científico es una persona que se propone comprender lo que sucede simplemente por el beneficio de comprenderlo. Para lograr tal comprensión debe estar preparado para no aceptar las cosas por su valor aparente, para dudar de lo que es familiar y aparentemente obvio y, sin embargo, no contentarse con permanecer en la duda. El científico —como dice Bacon—⁵ debe estar dispuesto a buscar, debe ser lento para afirmar y debe estar preparado para dudar; y, sin embargo, debe ser rápido en la aprehensión de las similitudes en las cosas, capaz de distinguir sus diferencias y cuidadoso para ordenarlas. Indudablemente, ningún científico exhibe estas características mentales en toda ocasión. Pero los descu-

⁵ Véase el epígrafe del capítulo

brimientos científicos los hacen aquellos que, con referencia a una región de hechos dada, son capaces de tal manera de pensar

§ 3. *El pensamiento del sentido común y el método científico*

La ciencia ha sido descrita como sentido común organizado. Pero la ciencia difiere del sentido común no sólo en el grado de organización alcanzado, sino también en los tipos de orden apprehendidos. Ello no obstante, la descripción no es del todo inaplicable a las primeras etapas de la indagación científica. La ciencia ha nacido del conocimiento del sentido común, teniendo por origen la necesidad del hombre de conocer su medio ambiente para poder controlarlo. El deseo desinteresado de saber es un acontecimiento posterior. Es raro aun en nuestros días, pero es la condición sin la cual resulta imposible el desarrollo de la ciencia.

Un ejemplo vulgar mostrará cómo un hombre práctico enfrentado a una ocurrencia inesperada puede tratar de explicar una situación mediante la organización de hechos pertinentes en un todo coherente. Supóngase que un hombre, habiendo dejado vacío su apartamento, regresa en las primeras horas de la noche y encuentra que la puerta de entrada está cerrada con cerrojo. El hombre sabe que no dejó a nadie dentro del apartamento. ¿Cómo, entonces, explicarse la puerta cerrada con cerrojo? La primera idea que probablemente se le ocurra a un londinense es que un ladrón penetró en el apartamento. La sugestión salta en su mente casi antes de que él haya tenido tiempo de reflexionar. Pero entonces se presenta una dificultad que impide la aceptación de esta idea. ¿Cómo pudo un ladrón dejar el cerrojo puesto desde adentro? El apartamento se encuentra en el tercer piso de un edificio con fachada lisa, de modo que es improbable que alguien haya entrado por una ventana. Quizá el cerrojo se haya cerrado sólo, al resbalarse. Pero esta idea es rechazada inmediatamente, puesto que se trata de un cerrojo firme y horizontal que rara vez se usa. Alguien debe de haberlo cerrado desde adentro. Después de forzar la puerta, el hombre examina el apartamento en busca de una confirmación de su sospecha. No hay nadie en su estudio, pero encuentra abiertas las gavetas de su escritorio y su contenido regado por el suelo. Él sabe que no había dinero en el escritorio, así que no se detiene a examinar las gavetas, pero va inmediatamente al comedor, donde están los cubiertos de plata. Descubre que faltan dos tazas de plata y que los cubiertos han desaparecido. Estos hechos son una amplia confirmación de su creencia de que ha sido robado. Pero queda todavía por resolver el hecho enigmático de la puerta cerrada con cerrojo desde adentro. Cuando el hombre camina por el pasillo, ve una luz por debajo de la puerta de la cocina. Quizá el ladrón se encuentra todavía dentro del apartamento. Pero la cocina está vacía. Sobre la mesa quedan restos de

comida. La ventana está abierta de par en par. El hombre recuerda el ascensor de los paquetes y piensa ahora que la situación está explicada. Cualquiera que haya sido el medio de entrada, la salida ha tenido lugar por el ascensor de los paquetes. La puerta cerrada con cerrojo por dentro tenía por objeto, sin duda, dar tiempo de escapar al ladrón en caso de que el dueño del apartamento regresara muy temprano.

En este ejemplo, un conjunto de hechos aislados están conectados a fin de explicar un suceso que requería, a juicio de alguien, una explicación. La idea del robo, sugerida por la experiencia previa, fue desarrollada en una serie de suposiciones de la forma: *Si tal o cual, entonces tal o cual*. Las consecuencias de la suposición fueron puestas a prueba por medio de la observación directa de un hecho que se suponía probable. Otro hecho que fue observado pero que no había sido deducido, suministró un eslabón importante en la conexión de los hechos. Debe observarse que la circunstancia que había de ser explicada ocurrió dentro de una situación familiar en sus rasgos principales. En consecuencia, el hombre no tuvo dificultad en descartar algunas posibles sugerencias como simplemente impertinentes. Las etapas en esta investigación pueden resumirse de la siguiente manera:

1. Conciencia de una situación familiar compleja en la que algún hecho singular fue aprehendido como peculiar, es decir, como distinto de lo que podía esperarse. Por lo tanto, se siente la necesidad de *explicar* este hecho conectándolo con una situación total en la que su ocurrencia no sería inesperada.

2. La formación de una hipótesis que conectaría el hecho inesperado con otros hechos.

3. El desarrollo deductivo de la hipótesis.

4. La puesta a prueba de las consecuencias deducidas mediante el recurso a hechos observables. El éxito logrado en esta cuarta etapa señala la aceptación de la hipótesis como explicativa del hecho dado. Desde el punto de vista del londinense ordinario, se pensaría que, en el caso dado, ninguna otra suposición explicaría tan bien todos los hechos observados.

Por lo que se refiere a una investigación tal, podría decirse que *explicamos* un hecho cuando hemos mostrado que está conectado de una manera ordenada con otros hechos que no requieren ser explicados. Son las ocurrencias inusitadas, y por lo tanto inesperadas, las que llevan al hombre ordinario a preguntar: ¿Cómo ha sucedido esto? El hombre ordinario emprende el análisis de las condiciones de las cuales el hecho puede ser una consecuencia, sólo cuando el hecho es desusado o sorprendente. La curiosidad del científico no está limitada de esta manera, ni tampoco la familiaridad crea en él la

ilusión de comprender. Esto señala una desviación respecto del punto de vista del hombre ordinario. Como dice el profesor Whitehead "Hace falta una mente muy poco usual para comprender el análisis de lo obvio". Debido a esta diferencia en sus puntos de vista, el hombre ordinario se da por satisfecho a veces con la respuesta "Porque siempre sucede así", en tanto que el científico reconoce que tal respuesta es el comienzo de una explicación. En última instancia, la explicación de los hechos ha de hallarse en la organización de éstos en un sistema. Debido a sus intereses predominantemente prácticos y a su consecuente renuencia a emprender un análisis laborioso de la situación, el hombre ordinario detiene tan pronto sus indagaciones. Los problemas como los que él se encuentra pueden resolverse usualmente a su satisfacción sin ir más allá del orden que resulta de las asociaciones habituales de una experiencia con otra.

Las cuatro etapas anteriormente enumeradas se consideran algunas veces como constitutivas de lo que se ha llamado el *método inductivo*. La palabra "inducción" es ambigua, y la examinaremos en el siguiente capítulo. Aquí nos interesa sólo observar el parecido entre el pensamiento del sentido común y algunos aspectos del método científico. Para hacer más clara la comparación, será conveniente dar un ejemplo simplificado del razonamiento científico. El hombre ordinario, aunque ha experimentado frecuentemente la resistencia cuando, por ejemplo, trata de caminar de frente a un ventarrón o trata de comprimir con sus manos una vejiga llena de aire, no piensa por lo común, sin embargo, en el aire como un cuerpo; no aprehende el aire como algo que tiene peso. Pero la suposición de que el aire tiene peso sirve para conectar un número de hechos inconexos que, de otro modo, serían enigmáticos debido a su inconexión. Si al hombre ordinario se le preguntase por qué el agua *sube* en una bomba, probablemente se contentaría con responder que el agua es extraída hacia arriba por la succión. Pensaría en la succión como una fuerza, y no consideraría que esta noción de una *fuerza* requiere, ella misma, una explicación. En los comienzos del siglo diecisiete, los científicos se contentaban con explicar la succión mediante el supuesto horror de la naturaleza al vacío. Pero, aparte lo insatisfactorio que es considerar el *horror* como una noción explicatoria, se presenta una dificultad proveniente del hecho observado de que este horror parece limitarse a unos once metros al nivel del mar. Galileo⁶ había concebido ya que el aire tenía peso y había tratado de determinar ese peso. Torricelli⁷ pensó en conectar el peso del aire con el horror al vacío. Concibió el plan de medir la resistencia del aire por medio de una columna de mercurio. Tomó un tubo de cristal de un poco más de un metro de longitud, cerrado en un extremo y lleno de mercurio.

⁶ Galileo vivió de 1564 a 1642.

⁷ Torricelli inventó el barómetro en 1643. Una buena descripción de este experimento aparece en C. D. WHETHAM, *Matter and Change*. Véase también MACH, *Science of mechanics*, capítulo I, § viii.

Lo invirtió sobre el mercurio contenido en una artesa; tapando con un dedo el extremo abierto del tubo. Cuando retiró el dedo, el mercurio descendió hasta detenerse a un nivel de 76 centímetros aproximadamente. Este descenso pudo explicarse como resultado de la presión de una columna de aire. Este descubrimiento no sólo condujo a la invención del barómetro, sino que también permitió conectar un número de hechos, hasta entonces inconexos, de una manera ordenada. Pareció razonable suponer que la presión del aire variaría bajo diferentes condiciones y que tendría diferentes efectos a diferentes alturas sobre el nivel del mar. Un comité de la Real Sociedad elaboró una serie de problemas que debían ser sometidos a experimentación en una alta montaña de Tenerife.⁸ Los problemas fueron planteados de modo que sugirieran lo que podría esperarse si la presión de la atmósfera era un hecho. Tres de los problemas servirán para ilustrar la fecundidad de esta suposición:

1 "Hágase el experimento del mercurio en la cima y en varios otros puntos en la eminencia de la montaña; y al final del experimento en la cumbre, sáquese rápidamente el tubo del mercurio en la artesa y obsérvese si el mercurio restante es impelido con la fuerza remanente o no. Y médase con instrumentos, con la exactitud que se pueda, la verdadera altitud de cada lugar donde se haga el experimento; y obsérvese al mismo tiempo la temperatura del aire, por lo que toca al calor y el frío, por medio de un termómetro, y por lo que toca a la humedad y la sequedad con un horóscopo; y obsérvese qué sensación del aire tienen los experimentadores en esos momentos respectivamente.

2. "Llévense vejigas, unas con un poco de aire adentro, otras con un poco más, y otras totalmente llenas, y obsérvese cómo se alteran en los diversos ascensos.

3 "Obsérvese qué alteraciones se producen en las criaturas vivientes llevadas allí, tanto antes como después de ser alimentadas, y qué descubren en sí mismos los experimentadores por lo que se refiere a dificultad para respirar, vértigo, inclinación al vómito, mareo, etcétera."

Estos ejemplos bastan para ilustrar cómo una suposición que está relacionada con un conjunto de hechos que han de ser explicados, puede ser susceptible de desarrollarse en una serie de sugerencias acerca de lo que se podría esperar que sucediera bajo ciertas condiciones determinadas. Cuando esas condiciones pueden obtenerse, las sugerencias pueden someterse a prueba. Una suposición que sirve en

⁸ El texto está extraído de un discurso de Sir W. Bragg sobre "The influence of learned societies on the development of England" ("La influencia de las sociedades eruditas en el desarrollo de Inglaterra"), publicado en *Craftmanship and Science (Forum Series)*. Véanse pp. 37-38.

esta forma para conectar hechos de una manera regular, es lo que se conoce como una *hipótesis*. Cuando las consecuencias de la hipótesis pueden probarse mediante la observación directa, se produce nueva evidencia para aceptar o rechazar la suposición original. Algunas veces, como en el ejemplo del robo en el apartamento, las consecuencias deducidas son del tipo de las que han sucedido o no. Todo lo que el hombre tuvo que hacer fue ir a ver. Algunas veces el investigador tiene que organizar las condiciones de modo que se produzca el resultado esperado. Este fue el caso del problema del científico que mencionamos anteriormente. La organización deliberada de las condiciones constituye un *experimento*. Debe observarse que los experimentos sugeridos en los párrafos anteriores son, en tanto *experimentos*, muy simples. No requerían los instrumentos maravillosamente contruidos y sumamente delicados por medio de los cuales se hace avanzar en nuestros días el conocimiento físico. Indudablemente se habrían efectuado con más facilidad si los instrumentos empleados hubiesen sido más adecuados, pero no fue la falta de instrumentos apropiados lo que impidió a los científicos anteriores llevar a cabo tales observaciones. La importancia de estas observaciones radica en el hecho de que ellas proporcionaron la confirmación experiencial de una hipótesis que servía para conectar hechos que, de otra manera, habrían pasado desapercibidos y quedado sin explicación.

Hay una alternación constante entre la observación y la hipótesis en cualquier intento de explicar un hecho inesperado. Se advierte que una suposición que va más allá de lo inmediatamente observado es tal que conectaría el hecho dado con otros hechos que se ha esperado o podría esperarse observar. Si la observación, experimental o no, revela tal hecho, entonces la conexión requerida está establecida en esa medida. Entonces otra suposición podría ser formulada y puesta a prueba mediante observación adicional. La investigación se completa sólo cuando todas las circunstancias que condujeron a ella se han hecho encajar entre sí. Puede considerarse entonces que la hipótesis ha sido establecida en cuanto se refiere al problema particular. El sentido común utiliza, de manera rudimentaria, un método de observación e hipótesis alternadas que los pensadores científicos han refinado gradualmente hasta convertirlo en un instrumento cada vez más adecuado para tratar problemas complicados. Hay una etapa en el desarrollo de toda ciencia en que los métodos del sentido común pueden discernirse claramente. Cuando, como resultado de este método, se ha introducido en nuestro conocimiento del mundo exterior una cantidad considerable de orden, el método está desarrollado de tal manera que ya no es reconocible como la organización del sentido común, y sus resultados están muy alejados de las creencias del sentido común a partir de las cuales ha crecido lentamente. Russell ha expresado esto con gran claridad. Dice: "El desarrollo de la ciencia a partir del sentido común no ha ocurrido por medio de

un comienzo radicalmente nuevo en algún momento, sino más bien por medio de aproximaciones sucesivas. Es decir, que allí donde se ha producido alguna dificultad que el sentido común ordinario no pudo resolver, se ha hecho una modificación en algún punto, conservándose el resto de la concepción del mundo propia del sentido común. Subsecuentemente, utilizándose esta modificación, se ha introducido otra en algún otro lugar, y así sucesivamente. De tal suerte la ciencia ha sido un crecimiento histórico y ha supuesto, en cada momento, un trasfondo teórico más o menos vago derivado del sentido común”⁹

El pensamiento del sentido común difiere del pensamiento científico en dos aspectos muy importantes. El primero es fragmentario, salta de un hecho a otro, dando tantas cosas por descontadas que muchos vínculos intermedios quedan inexplicados. El segundo da muchas menos cosas por descontadas y, en consecuencia, alcanza un grado mayor de organización. En segundo lugar, el hombre corriente tiende a considerar el problema que está investigando como un problema casi completamente aislado de otros problemas; por lo tanto, no está consciente de la pertinencia de su solución respecto de otros problemas. El científico aprehende su problema como susceptible de aislamiento provisional, pero esencialmente conectado con otros problemas que tendrán que ser considerados en relación con su solución del problema dado. Así, el científico está más consciente de las posibles ramificaciones de la indagación en que concentra su atención por el momento. De estas diferencias se desprende la importante consecuencia de que el pensamiento del sentido común está necesariamente limitado a problemas comparativamente simples, no sólo debido a los intereses principalmente prácticos del hombre ordinario, sino también a que su método de investigación no lo conduce a plantearse las interrogantes correctas. Las deficiencias del sentido común se revelan más obviamente en el desarrollo deductivo de la hipótesis. Como lo expresa el profesor Whitehead: “La deducción del sentido común se mueve probablemente, por instinto ciego, de proposición concreta a proposición concreta, guiado por alguna asociación habitual de ideas. De tal suerte, el sentido común fracasa ante un material rico”¹⁰

§ 4 *La importancia del conocimiento pertinente*

Un examen de los ejemplos que hemos dado muestra que se requiere una cantidad considerable de conocimiento previo pertinente a la situación, antes de que un problema pueda ser siquiera enunciado. Más conocimiento aún se requiere a fin de que al pensador se le ocurran sugerencias fructíferas para su solución. El pensador primitivo

⁹ *Analysis of matter*, pp. 193-194

¹⁰ *Proc Arist Soc*, N. S., xvii, p. 73

puéde haber sido tan inteligente como un científico moderno, pero era menos capaz de tratar satisfactoriamente sus problemas porque poseía menos conocimientos *pertinentes* a su solución. Sólo mediante la acumulación de un cuerpo amplio y sistematizado de conocimientos es posible el desarrollo de la ciencia. La importancia y la medida de lo que puede darse por descontado *porque su conexión con el problema es ya conocida* tienden a ser oscurecidas por el tratamiento de los ejemplos científicos en un texto de lógica. Se ofrece justamente lo que se requiere para suministrar las premisas explícitas del razonamiento. Se da demasiado frecuentemente una selección de los hechos a la luz de la teoría del método científico que el ejemplo dado se propone ilustrar.¹¹ Por lo tanto, el método científico no es presentado en una forma capaz de sugerir el método del descubrimiento. Esto es sin duda inevitable. La única manera de comprender el método científico consiste en efectuar una investigación científica. Por esta razón, vale la pena que el principiante en la lógica intente analizar algún proceso de pensamiento controlado, por el que él mismo haya pasado a fin de resolver alguna dificultad propia. Es tan imposible obtener una comprensión del método científico a partir de la disección de ejemplos seleccionados sin tener ninguna experiencia práctica en la solución de problemas dados en la propia experiencia, como sería para el fisiólogo comprender cómo es un cuerpo viviente si su conocimiento directo de los cuerpos ha estado limitado al cadáver sobre la mesa de disección. Todo lo que puede hacer un texto acerca del método es señalar algunas de las consideraciones envueltas. Algo puede hacerse, sin embargo, para subrayar la *importancia* del conocimiento pertinente y de la necesidad de una combinación del conocimiento y la perspicacia. Un ejemplo que pone bien de manifiesto este punto lo da Sir William Bragg en su *Discurso presidencial a la Asociación Británica* (5 de septiembre de 1928). Es conveniente transcribir el pasaje entero:

"Fue en los primeros años de la guerra cuando se reunió un cuerpo de jóvenes estudiantes de ciencias de nuestras universidades con el fin de probar sobre el campo de batalla el valor de aquellos métodos que ya se conocían para localizar los cañones enemigos. En sus mutuas discusiones y consideraciones se les hizo claro que el gran *désideratum* era un método para medir con gran exactitud el tiempo de llegada de la pulsación aérea, debida a la descarga del cañón, a varias estaciones en sus propias líneas. Si las posiciones relativas de las estaciones fueran conocidas con exactitud, el descubrimiento de la posición del cañón vendría a ser una cuestión de cálculo. Pero la pulsación era muy débil; ¿cómo registrarla? Se consideraron varios métodos, y entre ellos había uno que sin duda parecía rebuscado y con pocas probabilidades de éxito. Se hace pasar una corriente eléctrica por un alambre fino a fin de calentarlo. Si el alambre es enfriado, por ejemplo, por

¹¹ Las limitaciones de espacio determinan frecuentemente que este procedimiento sea inevitable, aunque no por ello menos lamentable.

un soplo de aire frío, la resistencia al paso de la corriente aumenta, y éste es un efecto que puede medirse si es lo bastante grande. Si se pudiera, pues, hacer que el alambre registrara la llegada de la pulsación aérea proveniente del cañón, se tendría una solución del problema al alcance de la mano. No cabe duda que este método se les ocurrió a varios miembros del grupo; y ciertamente uno de ellos, que había tenido considerable experiencia con estos alambres finos, le dio muchas vueltas en su cabeza. Estos alambres finos habían venido usándose durante unos treinta años para medir la temperatura en muchas circunstancias en que sus características peculiares los hacían superiores a los termómetros ordinarios. Pero —y éste era el punto importante— ¿era de esperarse que el efecto, aunque debía de estar allí, fuese lo suficientemente grande para ser visto? Podría el débil impulso de un cañón a varios kilómetros de distancia producir un enfriamiento obvio en un alambre caliente? A primera vista no parecía probable, y la sugestión quedó en reserva.

“Pero sucedió que una mañana de verano un aeroplano enemigo atacó, al romper el día, una expedición de patrulla. El oficial a quien me he referido se encontraba despierto en su cobertizo, escuchando las descargas de las baterías antiaéreas y las explosiones más distantes de sus granadas. De cuando en cuando el sonido de un débil silbido parecía estar relacionado con los sonidos más fuertes. La pared de la choza era de fieltro; estaba en malas condiciones y cerca de la cabeza de nuestro hombre había pequeñas hendiduras. Las pulsaciones de los cañones producían un débil sonido cuando pasaban por ellas. Esto hizo pensar al oficial lo siguiente: si la pulsación es lo bastante fuerte para hacer un ruido, podría serlo para enfriar perceptiblemente un alambre caliente. Entonces propuso a los demás miembros del grupo la conveniencia de probar el método. La prueba tuvo completo éxito y el método sirvió de base al sistema de detección de sonidos del Ejército Británico cuyos resultados ya hemos descrito y son bastante bien conocidos.”

Esta experiencia ilustra dos consideraciones importantes: primera, que es necesaria una cantidad considerable de conocimientos previos y adiestramiento científico a fin de que algún detalle de una situación complicada pueda ser aprehendido como el factor significativo para la solución del problema; segunda, que el hombre que tiene el conocimiento pertinente debe encontrarse en circunstancias en que pueda observarse realmente la ocurrencia importante. El conocimiento general y vago de las corrientes de sonido habría sido insuficiente para sugerir la posible solución. Lo que se requería era un estimado definido de los efectos de las cantidades realmente dadas. Sólo “un hombre en el lugar de los hechos” podía haber estado en posesión de estos detalles esenciales.¹²

¹² Véase Sir W. BRAGG, *loc cit*, p. 22.

El conocimiento pertinente y la oportunidad, si bien son esenciales, no son siempre suficientes para la solución de los problemas científicos. Se necesita también ese elemento incalculable de la perspicacia científica que es la señal del genio y no puede reducirse a reglas susceptibles de formulación.

§ 5 *La forma del método científico*

Partiendo del punto de vista del sentido común, hemos visto que el problema inicial de la ciencia es ordenar los hechos dados en la experiencia sensorial. Vimos en el capítulo iv que por "hecho" se entiende *lo que sea el caso*. Lo que es el caso siempre es complejo, por ejemplo: una cosa en sus relaciones o con sus propiedades. Los hechos son complejos de la misma manera que las proposiciones son complejas. Cuando la proposición es una proposición acerca del mundo exterior, entonces el hecho que la proposición expresa es un estado de cosas real, siempre y cuando que la proposición sea verdadera. Es este tipo de hecho el que nos concierne ahora, pues los datos de la ciencia son hechos observables. Ya hemos visto que no es fácil trazar una línea divisoria precisa entre lo que realmente observamos y lo que se infiere. Es suficiente para nuestro propósito reconocer la distinción entre un *hecho* tomado como un *dato* y una *interpretación* del hecho, que puede desarrollarse en una teoría elaborada *acerca de* los hechos. Una ilustración que ofrece el profesor T. P. Nunn puede hacer más claro este punto:

"El científico que viaja por una alta meseta de los Andes y su guía nativo consideran de diferentes maneras la imposibilidad de cocer sus papas. Para el segundo, la imposibilidad se debe al simple hecho de que 'la maldita vasija', sin duda a causa del demonio que la habita, 'no quiere cocer las papas'; para el primero, es un ejemplo interesante de la dependencia del punto de ebullición respecto de la presión. Pero aunque la 'situación' entera pueda ser muy diferente en los dos casos, hay sin embargo una base común de *hecho* inevitable sobre la cual tanto el científico como el nativo (si éste es lo suficientemente inteligente) pueden advertir que sus *interpretaciones*, 'animista' o 'científica', son simplemente *lucubraciones*"¹⁸

En este ejemplo la base fáctica —"el fuego, la vasija, el agua tibia que sin embargo hierva, las papas que no se ablandan"— es interpretada tanto por el nativo como por el científico de modo que construya una situación ordenada. El profesor Nunn subraya el punto de que la base de hecho es "inevitable"; la vasija, por ejemplo, es aprehendida *como una vasija* tanto por el guía nativo como por el

¹⁸ *The aim and achievements of scientific method*, p. 46. Es de lamentarse que este libro excelente esté agotado.

científico, no importa cuánta experiencia preliminar pueda haber sido necesaria para que fuera así aprehendida. Las conexiones imperceptibles —a saber, el deseo del demonio de que las papas no se cuezan; la dependencia del punto de ebullición respecto de la presión— no son construcciones *inevitables*; son diferentes modos de interpretación, cuya disparidad se debe a la amplia diferencia en el contexto de la experiencia de la cual son extraídos. En ambos casos el propósito es ordenar los constituyentes de la situación fáctica de modo que pueda ser comprendida. El primer paso en la comprensión se logra mediante la generalización, es decir, mediante la conexión de un hecho dado con otros hechos que se le asemejen. Pero los *hechos* son complejos; el parecido entre los hechos rige entre algunos de sus constituyentes, pero no entre todos. De aquí que los hechos deban ser analizados. Los constituyentes del hecho primordial deben ser agrupados en clases; estas clases deben ser ordenadas entonces entre sí. De esta manera se obtiene una generalidad creciente. El científico desea hacer afirmaciones acerca de lo que sucede *siempre*, no acerca de lo que sucede *algunas veces*. El zoólogo, por ejemplo, no tiene que ver con esta vaca particular que mira este árbol particular, sino descubrir *las propiedades que siempre se hallarán juntas dondequiera que se encuentre una vaca*. Más tarde querrá descubrir cuáles son las propiedades que se hallarán *dondequiera* que haya un animal con columna vertebral. Puesto que no sólo las vacas tienen columna vertebral, su problema es ahora un problema de mayor generalidad. El químico, por ejemplo, desea descubrir qué le sucede a la cal viva *siempre* que se pone en contacto con el aire. El científico tiene que ver con la correlación de los conjuntos de propiedades. Por lo tanto, una proposición científica es, en último término, de la forma: *Cualquier cosa que tenga la propiedad Φ tiene la propiedad Ψ* . Un científico llega a tal proposición partiendo de proposiciones de la forma: *“Esta A, esta B, esta C, etcétera, tienen las propiedades Φ y Ψ ”*. Es decir, que generaliza a partir de casos particulares. El instrumento por medio del cual se obtienen las generalizaciones verdaderas es el método científico.

El científico, pues, considera los hechos particulares solamente a fin de obtener generalizaciones de abstracción cada vez mayor. Toda observación entraña abstracción, es decir, selección a partir de algo que también está presente para ser observado. El reconocimiento de una situación dada como *este hecho*, entraña que el ser aprehendido es algo relativamente desconectado de lo que la rodea. El reconocimiento de una propiedad entraña el ser aprehendido en abstracción de otras propiedades con las que *de hecho* es dada. La abstracción puede ser de varios grados. Las proposiciones generales como “Los ranúnculos son amarillos” expresan un grado bajo de abstracción; la proposición “Este ranúnculo es amarillo” expresa un grado más bajo aún. La primera es llamada una *generalización empírica*. Con tales generalizaciones la ciencia comienza. El uso de nombres de clase indica

que se ha hecho una generalización. Las *vacas* son un conjunto de individuos que han sido agrupados porque cada uno de ellos posee ciertas propiedades. Muchas de tales clases deben ser reconocidas antes de que la ciencia sea posible. Dada la clase que consiste en *seres vivientes*, podemos pasar a indagar acerca de las propiedades de la *vida*; dada la clase que consiste en *seres materiales*, podemos pasar a indagar acerca de las propiedades de la *materia*. En el curso de tal indagación puede descubrirse que las *propiedades* son las importantes, no la cosa sustantiva de la cual se dice que son propiedades. Antes de que se alcance esta etapa, es necesario un periodo en que son prominentes ciertos modos especiales que han sido gradualmente refinados a partir de los métodos rudimentarios del sentido común. En la consideración de esos métodos debemos ocuparnos ahora.