

### 3. LA EXPLICACIÓN EN LA CIENCIA

Uno de los objetivos más importantes de la ciencia es tratar de explicar lo que sucede en el mundo. A veces buscamos explicaciones con fines prácticos. Por ejemplo, quizá alguien desea saber por qué la capa de ozono se deteriora con tanta rapidez, a fin de hacer algo para remediar el problema. En otros casos buscamos explicaciones científicas simplemente para satisfacer nuestra curiosidad intelectual, pues deseamos entender más sobre el funcionamiento de nuestro mundo. Desde el punto de vista histórico, la búsqueda de explicaciones científicas ha sido motivada por ambos propósitos.

Con mucha frecuencia, la ciencia moderna proporciona explicaciones satisfactorias. Por ejemplo, los químicos pueden explicar por qué el sodio adquiere un color amarillo cuando se quema. Los astrónomos pueden explicar por qué los eclipses solares ocurren en determinado momento y no en otro. Los economistas pueden explicar por qué declinó el valor del yen en la década de 1980. Los genetistas pueden explicar por qué se repite la calvicie en algunas familias. Los neurofisiólogos pueden explicar por qué la privación extrema de oxígeno daña el cerebro. Y quizá el lector tenga muchos ejemplos más de explicaciones científicas exitosas.

Sin embargo, ¿qué es exactamente una explicación científica? ¿Qué significa decir que la ciencia puede “explicar” un fenómeno? Ésta es una pregunta que el ser humano se ha planteado desde los tiempos de Aristóteles; sin embargo, nuestro punto de partida será la famosa descripción de una explicación científica realizada en la década de 1950 por el filósofo estadounidense Carl Hempel. La descripción de Hempel se conoce como modelo de explicación de la *ley de cobertura*, por las razones que se expondrán enseguida.

#### Modelo de explicación de la ley de cobertura de Hempel

La idea que sustenta el modelo de la ley de cobertura es sencilla. Hempel observó que las explicaciones científicas, por lo general, se dan en respuesta a lo que él llamaba “preguntas que buscan la explicación del porqué”. Se trata de interrogantes como “¿Por qué la tierra no es perfectamente esférica?” “¿Por qué las mujeres viven más que los hombres?” y otras por el estilo. En ellas se requiere de una explicación. En consecuencia, proporcionar una explicación científica es dar una respuesta satisfactoria a la pregunta que busca la explicación del porqué. Si pudiéramos determinar las características esenciales que tal respuesta debe tener, sabríamos lo que es la explicación científica.

Hempel sugería que las explicaciones científicas suelen tener la estructura lógica de un argumento, es decir, un conjunto de premisas seguidas por una conclusión. La conclusión establece que el fenómeno que requiere de una explicación ocurre en la realidad, y las

premisas nos dicen por qué la conclusión es verdadera. Por ejemplo, supóngase que alguien se pregunta por qué el azúcar se disuelve en agua. Ésta es una pregunta que busca la explicación del porqué. Para responderla, dice Hempel, debemos construir un argumento cuya conclusión sea "el azúcar se disuelve en agua" y cuyas premisas establezcan por qué esta conclusión es válida. **La tarea de describir una explicación científica se vuelve entonces la de caracterizar precisamente la relación que debe haber entre un conjunto de premisas y una conclusión, con el fin de que las primeras constituyan una explicación de la última. Esto fue lo que se propuso hacer Hempel.**

**La solución de Hempel al problema fue triple. Primero, las premisas deben conllevar la conclusión, es decir, el argumento debe ser deductivo. Segundo, todas las premisas deben ser verdaderas. Tercero, las premisas deben constituir al menos una ley general; las leyes generales son aquellas como "todos los metales conducen electricidad", "la aceleración de un cuerpo varía en razón inversa a su masa", "todas las plantas contienen clorofila", entre otras, y contrastan con hechos particulares como "esta pieza de metal conduce electricidad", "la planta que está en mi escritorio contiene clorofila", etcétera. En ocasiones, las leyes generales reciben el nombre de "leyes de la naturaleza". Hempel aceptó que una explicación científica apelara tanto a hechos particulares como a leyes generales, pero sosteniendo que siempre era esencial, al menos, una ley general. De esta manera, en la concepción de Hempel, explicar un fenómeno es mostrar que su ocurrencia se desprende deductivamente de una ley general, quizá complementada con otras**

leyes y hechos particulares, todos los cuales deben ser verdaderos.

Para ilustrar lo anterior, supóngase que trato de explicar por qué la planta que se encuentra sobre mi escritorio murió. Podría ofrecer la siguiente explicación: debido a la escasa iluminación que hay en mi estudio, la planta no contaba con luz solar; porque la luz solar es necesaria para que se lleve a cabo la fotosíntesis de la planta; y sin fotosíntesis una planta no puede elaborar los carbohidratos que requiere para sobrevivir, y por lo tanto morirá; en consecuencia, mi planta murió. Esta explicación se ajusta a la perfección al modelo de Hempel. Explica la muerte de la planta deduciéndola de dos leyes verdaderas: la luz solar es necesaria para la fotosíntesis, y la fotosíntesis es necesaria para sobrevivir; y un hecho particular: que la planta no contaba con luz solar. Dada la veracidad de las dos leyes y del hecho particular, la muerte de la planta *debía* ocurrir; ésa es la razón de por qué los primeros planteamientos constituyen una buena explicación del último.

De manera esquemática, el modelo de explicación de Hempel puede escribirse como sigue:

**Leyes generales**

**Hechos particulares**

⇒

**Fenómeno por explicar**

**El fenómeno por explicar se denomina *explanandum*, y las leyes generales y hechos particulares que conforman la explicación se llaman *explanans*. El primero puede ser un hecho particular o una ley general. En el**

caso anterior era un hecho particular: la muerte de mi planta. Pero en ocasiones aquello que queremos explicar es algo general, por ejemplo por qué la exposición al sol provoca cáncer en la piel. Ésta es una ley general, no un hecho particular. Para explicarla, debemos deducirla de leyes aún más fundamentales, es decir, leyes acerca del impacto de la radiación en la piel combinadas con hechos particulares acerca de la cantidad de radiación en la luz del sol. De este modo, la estructura de una explicación científica es en esencia la misma, al margen de que el *explanandum*, esto es, lo que queremos explicar, sea particular o general.

Es fácil apreciar por qué la representación de Hempel se llama modelo de explicación de la ley de cobertura. De acuerdo con él, la esencia de la explicación es mostrar que el fenómeno por explicar es "cubierto" por algunas leyes generales de la naturaleza. Ciertamente, esta idea tiene su atractivo. Demostrar que un fenómeno es consecuencia de una ley general, de alguna manera le quita el velo de misterio; lo vuelve más inteligible. Y, de hecho, las explicaciones científicas con frecuencia se ajustan al patrón descrito por Hempel. Por ejemplo, Newton explicó por qué los planetas se mueven en elipses alrededor del sol al demostrar que esto puede deducirse de su ley de la gravitación universal, junto con algunos supuestos menores adicionales. La explicación de Newton concuerda a la perfección con el modelo de Hempel: un fenómeno se explica demostrando que debe ocurrir, dadas las leyes de la naturaleza más algunos hechos adicionales. Después de Newton, ya no hubo misterio alguno en cuanto a por qué las órbitas planetarias son elípticas.

Hempel estaba consciente de que no todas las explicaciones científicas se ajustan con exactitud al modelo. Por ejemplo, si alguien pregunta por qué los atenienses están siempre inmersos en smog, es probable que ellos contestaran: "Debido a la contaminación causada por los automóviles". Ésta es una explicación científica perfectamente aceptable, aunque no menciona de ninguna ley. Sin embargo, Hempel argüiría que si la explicación se diera con lujo de detalles, las leyes se ajustarían a esa descripción. Al parecer, existe una ley que dice algo así como "si el monóxido de carbono se libera a la atmósfera terrestre en la concentración suficiente, se formarán nubes de smog". La explicación completa de por qué los atenienses se ahogan en smog citaría esta ley, junto con el hecho de que los gases provenientes de los autos contienen monóxido de carbono y en Atenas hay muchos autos. En la práctica, no esperaríamos una explicación detallada, a menos que fuéramos muy pedantes. Pero si hubiera que detallarla, correspondería muy bien con el patrón de la ley de cobertura.

Hempel derivó una interesante consecuencia filosófica de su modelo acerca de la relación entre explicación y predicción. Él argumentaba que eran dos lados de la misma moneda. Siempre que explicamos un fenómeno a partir de la ley de cobertura, las leyes y los hechos particulares que citamos nos permitirían predecir la ocurrencia del fenómeno si no lo conociéramos ya. Para ilustrar esto, considérese de nuevo la explicación de Newton de por qué las órbitas planetarias son elípticas. Este hecho se conocía desde mucho antes de que Newton lo describiera por medio de su teoría de la gravitación; fue descubierto por Kepler. Pero si no se hubiera conocido,

Newton habría podido predecirlo mediante su teoría de la gravitación, porque esa teoría concluye que las órbitas planetarias son elípticas dadas suposiciones menores adicionales. Hempel se refería a esto diciendo que cada explicación científica es una predicción en potencia, es decir, habría servido para predecir el fenómeno en cuestión si éste no se conociera. Lo inverso también es cierto, pensaba Hempel: toda predicción confiable es una explicación potencial. Para ilustrarlo, supóngase que los científicos predicen que los gorilas de montaña se extinguirán para el 2010, con base en información acerca de la destrucción de su hábitat. Supóngase también que esto resulta cierto. De acuerdo con Hempel, la información utilizada para predecir la extinción de los gorilas antes de suceder serviría para explicar ese mismo hecho después de ocurrido. La explicación y la predicción son estructuralmente simétricas.

Si bien el modelo de ley de cobertura capta muy bien la estructura de muchas explicaciones científicas, también enfrenta un sinnúmero de contraejemplos nada agradables. Estos contraejemplos son de dos tipos: por una parte, hay explicaciones científicas genuinas que no se ajustan al modelo de la ley de cobertura, ni siquiera en forma aproximada. Estos casos sugieren que el modelo de Hempel es demasiado estricto ya que excluye algunas explicaciones científicas *bona fide*. Por otra parte, hay casos que se ajustan al mencionado modelo, pero intuitivamente no cuentan como explicaciones científicas genuinas. Estos ejemplos hacen pensar que el modelo de Hempel es demasiado amplio ya que permite elementos que deben excluirse. Nos centraremos en los contraejemplos del segundo tipo.

### El problema de la simetría

Suponga el lector que se encuentra acostado en la playa en un día soleado y observa que un asta refleja su sombra a lo largo de 20 metros en la arena (figura 8).

Alguien le pide que explique por qué la sombra tiene 20 metros. Ésta es una pregunta que busca una explicación del porqué. Una respuesta posible sería como sigue: "Los rayos de luz solar golpean el asta, que tiene exactamente 15 metros. El ángulo de elevación del sol es de  $37^\circ$ . Como la luz viaja en línea recta, un simple cálculo trigonométrico ( $\tan 37^\circ = 15/20$ ) muestra que el asta proyectará una sombra de 20 metros de largo".

Ésta parece ser una explicación científica perfecta. Y al describirla de acuerdo con el esquema de Hempel, podemos ver que cumple con el modelo de la ley de cobertura:

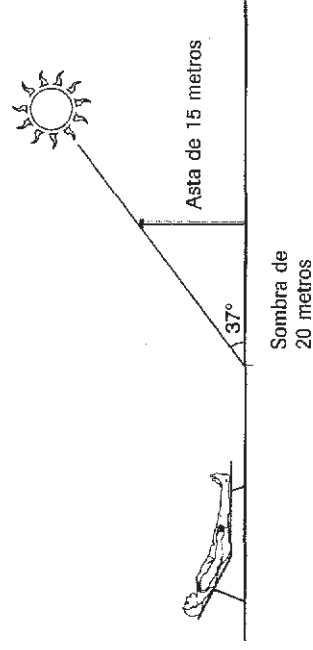


FIGURA 8. Un asta de 15 metros extiende una sombra de 20 metros en la playa cuando el sol se encuentra ubicado a  $37^\circ$ .

Leyes generales	La luz viaja en línea recta
Hechos particulares	Leyes de trigonometría El ángulo de elevación del sol es de $37^\circ$ El asta tiene una altura de 15 metros
⇒	
Fenómeno por explicar	La sombra tiene 20 metros de longitud

La longitud de la sombra se deduce de la altura del asta y del ángulo de elevación del sol, junto con la ley óptica de que la luz viaja en línea recta y las leyes de la trigonometría. Como estas leyes son verdaderas, y como el asta de hecho tiene 15 metros de altura, la explicación satisface a la perfección los requerimientos de Hempel. Hasta ahí todo está bien. El problema surge debido a lo siguiente: supóngase que cambiamos el *explanandum* —que la sombra tiene 20 metros de longitud— con el hecho particular de que el asta tiene 15 metros de altura. El resultado es éste:

Leyes generales	La luz viaja en línea recta Leyes de trigonometría El ángulo de elevación del sol es de $37^\circ$
Hechos particulares	La sombra tiene 20 metros de longitud
⇒	
Fenómeno por explicar	El asta tiene una altura de 15 metros

Está claro que la “explicación” anterior también concuerda con el patrón de la ley de cobertura. La altura del asta se deduce de la longitud de la sombra proyectada y el ángulo de elevación del sol, junto con la ley óptica de que la luz viaja en línea recta y las leyes de la trigonometría. Sin embargo, no parece acertado considerar esto como una *explicación* de por qué el asta tiene 15 metros de altura. Se presume que la explicación real de por qué el asta tiene 15 metros de altura es que un carpintero la hizo deliberadamente así —no tiene nada que ver con la longitud de la sombra que proyecta. De esta manera, el modelo de Hempel es demasiado amplio; permite que algo cuente como una explicación científica que por supuesto no es.

La moraleja del ejemplo del asta es que el concepto de explicación revela una importante *asimetría*. La altura del asta explica la longitud de la sombra, dadas ciertas leyes relevantes y hechos adicionales, pero no viceversa. En general, si *x* explica *y*, dadas algunas leyes relevantes y hechos adicionales, entonces no será cierto que *y* explica *x*, dadas las mismas leyes y hechos. Esto en ocasiones se expresa diciendo que la explicación es una relación *asimétrica*. El modelo de la ley de cobertura de Hempel no respeta esa asimetría, porque así como podemos deducir la longitud de la sombra a partir de la altura del asta, dadas ciertas leyes y hechos adicionales, de esa misma forma podemos deducir la altura del asta a partir de la longitud de la sombra. En otras palabras, la ley de cobertura implica que la explicación debe ser una relación *simétrica*, pero en realidad es *asimétrica*. De este modo, el modelo de Hempel no capta en su totalidad lo que debe ser una explicación científica.

El caso de la sombra y el asta proporciona un contraejemplo de la tesis de Hempel de que la explicación y la predicción son dos lados de la misma moneda. La razón es obvia. Suponga el lector que no conoce la altura del asta. Si alguien le dijera que se proyecta una sombra de 20 metros y que el sol se ubica a  $37^\circ$ , usted estaría en posibilidad de predecir la altura del asta dado que conoce las leyes ópticas y trigonométricas relevantes. Sin embargo, como acabamos de ver, queda claro que esta información no explica por qué el asta tiene tal altura. Así, en este ejemplo la predicción y la explicación son diferentes. La información que sirve para predecir un hecho antes de conocerlo no es útil para explicarlo una vez que se conoce, lo cual contradice la tesis de Hempel.

### El problema de la irrelevancia

Supóngase que un niño pequeño se encuentra en un cuarto de hospital lleno de mujeres embarazadas. El niño nota que un individuo en el cuarto —un hombre llamado Juan— no está embarazado y le pregunta al doctor por qué. Éste le responde: “Juan ha estado tomando píldoras anticonceptivas regularmente los últimos años. La gente que toma píldoras anticonceptivas con regularidad no se embaraza. Por lo tanto, Juan no está embarazado”. Supongamos, en bien de la argumentación, que lo que dice el doctor es cierto; Juan tiene problemas mentales y, en consecuencia, toma píldoras anticonceptivas con la idea de que lo ayuden. Aun así, es evidente que la respuesta del doctor al niño no es muy útil. La explicación correcta de por qué Juan no está embarazado es, por supuesto, que es varón y los varones no se embarazan.

Sin embargo, la explicación del doctor se ajusta a la perfección al modelo de la ley de cobertura. El doctor deduce el fenómeno por explicar —que Juan no está embarazado— de la ley general de que la gente que toma píldoras anticonceptivas con regularidad no se embaraza, y del hecho particular de que Juan ha estado tomando píldoras anticonceptivas. Debido a que tanto la ley general como el hecho particular son ciertos, y como efectivamente conllevan el *explanandum*, de acuerdo con la ley de cobertura, el doctor ha brindado la explicación justa de por qué Juan no está embarazado. Por supuesto que no lo está. En consecuencia, el modelo de la ley de cobertura de nuevo es demasiado permisivo: tolera que haya explicaciones científicas que, por intuición, no lo son.

La moraleja entonces es que una buena explicación de cualquier fenómeno debe contener información que sea *relevante* para la ocurrencia del fenómeno. Aquí es donde la respuesta del doctor está equivocada. Si bien lo que éste dice es absolutamente veraz, el hecho de que Juan haya estado tomando píldoras anticonceptivas es irrelevante para su estado de no embarazo, porque no se habría embarazado aunque no hubiese tomado las píldoras. Por esta razón, la argumentación del doctor no constituye una buena respuesta a la pregunta del niño. El modelo de Hempel no respeta esta característica crucial de nuestro concepto de explicación.

### Explicación y causalidad

Como el modelo de la ley de cobertura enfrenta múltiples problemas, es natural buscar una forma alternati-

va de entender la explicación científica. Algunos filósofos creen que la clave reside en el concepto de causalidad. Éste es un planteamiento muy atractivo. En muchos casos explicar un fenómeno es, en realidad, decir qué lo causó. Por ejemplo, si un investigador de accidentes está tratando de explicar un desastre aéreo, es obvio que intentará encontrar la causa del mismo. De hecho, las preguntas “¿por qué se desplomó el avión?” y “¿cuál fue la causa del accidente aéreo?” son prácticamente sinónimas. De manera similar, si un ecologista pretende explicar por qué hay menos biodiversidad de la que solía haber en los bosques lluviosos del trópico, está claro que busca la causa de tal reducción de la biodiversidad. El vínculo entre los conceptos de explicación y de causalidad es muy estrecho.

Impresionados por tal vínculo, un sinnúmero de filósofos abandonaron la explicación por medio de la ley de cobertura a favor de las descripciones basadas en la causalidad. Los detalles varían, pero la idea es que explicar un fenómeno es simplemente decir qué lo causó. En algunos casos, la diferencia entre la ley de cobertura y las descripciones causales no es muy grande, porque a menudo deducir la ocurrencia de un fenómeno a partir de una ley general es presentar su causa. Por ejemplo, recuérdese de nuevo la explicación de Newton de por qué las órbitas de los planetas son elípticas. Vimos que esta explicación se ajusta al modelo de la ley de cobertura por lo que Newton dedujo la forma de las órbitas planetarias a partir de su ley de gravitación, más algunos hechos adicionales. Pero tal explicación también era causal ya que las órbitas planetarias son provocadas por la atracción gravitacional entre los planetas y el sol.

Sin embargo, la ley de cobertura y las descripciones divergen en algunos casos. En realidad, muchos filósofos favorecen una explicación causal precisamente por que piensan que en esa forma se evitan algunos de los problemas que surgen con el modelo de la ley de cobertura. Recuérdese el problema del asta. ¿Por qué nuestras intuiciones nos dicen que la altura del asta explica la longitud de la sombra dadas las leyes, pero no viceversa? Tal vez porque la altura del asta es la causa de que la sombra tenga 20 metros, pero la sombra de 20 metros no es la causa de que el asta tenga 15 metros de altura. De esta manera, a diferencia del modelo de la ley de cobertura, una descripción causal de la explicación proporciona la respuesta “correcta” en el caso del asta y respeta nuestra intuición de que no podemos explicar la altura del asta a partir de la longitud de la sombra que proyecta.

La moraleja del problema del asta es que el modelo de la ley de cobertura no puede acomodar el hecho de que la explicación es una relación asimétrica. Ahora es obvio que la causalidad también es una relación asimétrica: si  $x$  es la causa de  $y$ , entonces  $y$  no es la causa de  $x$ . Por ejemplo, si un cortocircuito provocó el incendio, es claro que el incendio no provocó el cortocircuito. En consecuencia, es muy pertinente sugerir que la asimetría de la explicación deriva de la asimetría de la causalidad. Si explicar un fenómeno es decir qué lo causó, entonces como la causalidad es asimétrica debemos esperar que también la explicación lo sea, como en realidad ocurre. El modelo de la ley de cobertura no funciona en el problema del asta precisamente porque pretende ana-

lizar el concepto de explicación científica sin referencia a la causalidad.

Lo mismo es cierto en el caso de las píldoras anticonceptivas. El hecho de que Juan tome píldoras anticonceptivas no explica por qué no está embarazado, ya que dichas píldoras no son la causa de que él no lo esté. Más bien, la causa del no estar embarazado es el género de Juan. Por esta razón, pensamos que la respuesta correcta a la pregunta “¿por qué Juan no está embarazado?” es “porque es un varón, y los varones no se embarazan”, y no la respuesta del doctor. El argumento de éste satisface el modelo de la ley de cobertura, pero como no identifica en forma correcta la causa del fenómeno que deseamos explicar, no constituye una explicación genuina. La enseñanza que extraemos del ejemplo de las píldoras anticonceptivas es que una explicación genuinamente científica debe contener información que sea relevante para el *explanandum*. En efecto, ésta es otra forma de decir que la explicación debe revelarnos la causa del *explanandum*. Las descripciones de la explicación científica basadas en la causalidad no van en contra del problema de la irrelevancia.

Es muy fácil criticar a Hempel por no respetar el vínculo estrecho entre causalidad y explicación, y mucha gente lo ha hecho. Esta crítica es, en cierta forma, injusta. Hempel pertenecía a una postura filosófica conocida como *empirismo*, y por tradición los empiristas son muy recelosos del concepto de causalidad. El empirismo postula que todos nuestros conocimientos provienen de la experiencia. David Hume, a quien conocimos en el capítulo anterior, fue una figura destacada de esta escuela y argumentaba que es imposible experimentar las relaciones causales. En consecuencia, concluía que no existían

la causalidad es producto de la imaginación! Esta conclusión es muy difícil de aceptar. ¿Es un hecho objetivo que lanzar algunos vasos de vidrio es la causa de que se rompan? Hume lo negaba. Él admitía que es un hecho objetivo que la mayoría de los vasos de vidrio que son lanzados se rompen. Sin embargo, la noción de causalidad va más allá de esto. Incluye la idea de un lazo causal entre el lanzamiento y la rotura, es decir, que lo primero provoca lo segundo. De acuerdo con Hume, tales vínculos no se encuentran en el mundo: todo lo que vemos es un vaso lanzado que se rompe un momento después. No experimentamos una conexión causal entre el primer acontecimiento y el segundo. Por lo tanto, la causalidad es una ficción.

La mayoría de los empiristas no terminan de aceptar esta sorprendente conclusión. Sin embargo, como resultado del trabajo de Hume, tienden a considerar la causalidad como un concepto que debe tratarse con mucha cautela. De este modo, para un empirista la idea de analizar el concepto de explicación en términos del concepto de causalidad podría parecer perversa. Si la meta es clarificar el concepto de explicación científica, como en el caso de Hempel, no importa mucho utilizar nociones que requieran la misma clarificación. Y para los empiristas, la causalidad necesita una aclaración filosófica definitiva. Así, el hecho de que el modelo de la ley de cobertura no mencione la causalidad no fue un mero descuido por parte de Hempel. En años recientes, la popularidad del empirismo ha declinado un poco. Además, muchos filósofos han llegado a la conclusión de que el concepto de causalidad, si bien es problemático desde el punto de vista filosófico, resulta indispensable para la forma de ver el



mundo. De esta manera, la idea de una descripción de la explicación científica basada en la causalidad parece más aceptable que en la época de Hempel.

Las descripciones de la explicación científica basadas en la causalidad ciertamente captan muy bien la estructura de muchas explicaciones científicas reales; sin embargo, ¿termina con ellas la historia? Múltiples filósofos dicen que no, sobre la base de que ciertas explicaciones científicas no parecen ser causales. Hay un tipo de ejemplo que tiene sus raíces en lo que en ciencia llamamos "identificaciones teóricas". Las identificaciones teóricas implican identificar un concepto con otro, por lo general extraído de una rama diferente de la ciencia. "El agua es  $H_2O$ " es un ejemplo, como lo es "la temperatura es energía cinética molecular promedio". En ambos casos, un concepto familiar de uso diario se iguala o identifica con un concepto científico más hermético. A menudo, las identificaciones teóricas nos brindan lo que parecen ser explicaciones científicas. Cuando los químicos descubrieron que el agua es  $H_2O$ , explicaron de ese modo lo que es el agua. De manera similar, cuando los físicos descubrieron que la temperatura de un objeto es la energía cinética promedio de sus moléculas, explicaron en esa forma lo que es la temperatura. Pero ninguna de esas explicaciones es causal. **Estar compuesto de  $H_2O$  no causa que una sustancia sea agua** —sólo es el ser agua. Tener una energía cinética molecular promedio no causa que un líquido tenga la temperatura que tiene —sólo es tener esa temperatura. Si estos ejemplos se aceptan como explicaciones científicas legítimas, entonces lo que sugiere es que las descripciones de la explicación basadas en la causalidad no pueden ser toda la historia.

### ¿Puede la ciencia explicar todo?

La ciencia moderna puede explicar una buena parte del mundo en que vivimos. Sin embargo, también hay numerosos hechos que no han sido explicados por la ciencia, o por lo menos no lo han sido de manera exhaustiva. **El origen de la vida es un ejemplo** de ello. Sabemos que hace cuatro mil millones de años, moléculas con la capacidad de hacer copias de sí mismas aparecieron en la sopa primigenia, y la vida evolucionó a partir de ese momento. Sin embargo, no entendemos cómo es que estaban allí esas moléculas autorreplicantes. Otro ejemplo es el hecho de que los niños autistas suelen tener muy buena memoria. Múltiples estudios de niños autistas han confirmado este hecho, pero nadie ha podido explicarlo con éxito.

Mucha gente piensa que, al final, la ciencia podrá explicar hechos como éstos. Es un punto de vista muy respetable. Los biólogos moleculares trabajan duro sobre el problema del origen de la vida, y sólo un pesimista diría que nunca lo resolverán. Hay que admitir que el problema no es sencillo, en especial porque es muy difícil saber qué condiciones existían hace cuatro mil millones de años. Sin embargo, no hay razón para pensar que el origen de la vida nunca será explicado. Lo mismo ocurre con el asunto de los niños autistas. La ciencia de la memoria aún está en pañales, y hay mucho por descubrir acerca de la base neurológica del autismo. Por supuesto, no podemos garantizar que tarde o temprano se encontrará una explicación. Pero dado el número de explicaciones exitosas que la ciencia moderna ha planteado, deben destinarse recursos para dilucir-

dar también los múltiples hechos inexplicados hasta la fecha.

Sin embargo, ¿significa esto que la ciencia puede, en principio, explicarlo todo? ¿O hay algunos fenómenos que eludirán por siempre la explicación científica? No es una pregunta fácil de responder. Por un lado, asegurar que la ciencia puede explicar todo es un acto de arrogancia. Por otro lado, afirmar que algún fenómeno en particular nunca tendrá una explicación científica revela una posición limitada. La ciencia cambia y evoluciona con gran rapidez, y un fenómeno que parecía inexplicable desde el punto de vista de la ciencia actual tal vez pueda explicarse con facilidad en el futuro.

De acuerdo con algunos filósofos, hay una razón puramente lógica de por qué la ciencia nunca podrá explicar todo. Para explicar algo, lo que sea, necesitamos invocar algo más. Sin embargo, ¿qué explica el segundo elemento? Para ilustrar esto, recuérdese que Newton explicaba una amplia gama de fenómenos a partir de su ley de la gravitación. Ahora bien, ¿qué explica la ley de la gravitación? Si alguien preguntara *por qué* los cuerpos ejercen una fuerza gravitacional sobre otro cuerpo, ¿qué le diríamos? Newton no tiene respuesta para esta pregunta. En la ciencia newtoniana la ley de la gravitación era un principio fundamental: explicaba otros fenómenos, pero no se explicaba a sí misma. Aquí la enseñanza puede generalizarse. Por más que la ciencia del futuro esté en posibilidades de dar explicaciones, éstas tendrán que hacer uso de ciertas leyes y principios fundamentales. Como nada puede explicarlos en sí mismos, se entiende que por lo menos algunas de esas leyes y principios *permanecerán sin explicación.*

Sin importar cómo se emplee este argumento, es innegable que resulta muy abstracto. Implica mostrar que algunas cosas nunca se explicarán, pero no nos dice lo que son. Sin embargo, algunos filósofos han hecho sugerencias concretas acerca de fenómenos que, según su opinión, la ciencia nunca aclarará. Un ejemplo es la conciencia; el rasgo que distingue a criaturas pensantes, con sentimientos, de otros animales superiores. Se han realizado múltiples investigaciones sobre la naturaleza de la conciencia por parte de estudiosos del cerebro, psicólogos y otros científicos. No obstante, innumerables filósofos actuales afirman que cualquiera que sea el resultado de tales investigaciones, nunca se explicará a cabalidad la naturaleza de la conciencia. Hay algo intrínsecamente misterioso en el fenómeno de la conciencia, sostienen, que ninguna investigación puede eliminar.

¿En qué se fundamenta este punto de vista? El argumento básico es que las experiencias de la conciencia tienen, esencialmente y a diferencia de cualquier otra cosa en el mundo, un "aspecto subjetivo". Considérese, por ejemplo, la experiencia de ver un filme de terror. Ésta experiencia provoca una "sensación" muy distintiva; en la jerga actual, hay "algo que es como" tener la experiencia. Algún día los neurocientíficos podrán describir con detalle qué produce en el cerebro la sensación de aterrarnos. Sin embargo, ¿explicará esto por qué ver una película de terror se siente de esa manera y no de otra? Mucha gente cree que no. Según esta visión, el estudio científico del cerebro puede, cuando mucho, decirnos qué procesos cerebrales están correlacionados con lo que experimenta la conciencia. Es indudable que se trata de información interesante y valiosa. Sin embargo, no nos

dice *por qué* ciertos procesos puramente físicos del cerebro dan como resultado experiencias con sensaciones subjetivas distintivas. **Por tanto la conciencia, o al menos un importante aspecto de ella, no tiene una explicación científica.**

Aunque necesario, este argumento es muy controvertido y no es adoptado por todos los filósofos, ya no digamos por los neurocientíficos. De hecho, un conocido libro publicado en 1991 por el filósofo Daniel Dennet tiene el desafiante título de *Consciousness Explained* (*Conciencia explicada*). A los defensores del punto de vista de que la conciencia es inexplicable en términos científicos en ocasiones se les señala como carentes de imaginación. Aun cuando sea cierto que la ciencia del cerebro, en su nivel actual, no puede explicar el aspecto subjetivo de la experiencia consciente, **¿no podemos imaginar el surgimiento de un tipo radicalmente diferente de técnicas explicativas, que sí nos aclaren por qué nuestras experiencias se sienten de esa manera particular?** Hay una larga tradición de filósofos que han tratado de decir a los científicos lo que es posible y lo que no, con el resultado de que algunos desarrollos científicos posteriores han probado que esos filósofos estaban equivocados. **Sólo el tiempo nos dirá** si quienes argumentan que la conciencia debe eludir siempre la explicación científica tendrán el mismo destino.

### Explicación y reducción

Las diferentes disciplinas científicas están diseñadas para explicar distintos tipos de fenómenos. Explicar por qué el caucho no conduce electricidad es una tarea de la física.

sicos. **Explicar por qué las tortugas tienen vidas tan prolongadas es tarea de los biólogos.** Explicar por qué las tasas de interés más altas reducen la inflación es una tarea de los economistas, etcétera. En pocas palabras, **hay una división del trabajo entre las diversas ciencias: cada una de ellas se encarga de explicar su propio conjunto de fenómenos.** Esto aclara por qué las ciencias no suelen competir entre sí —por qué los biólogos, por ejemplo, no se preocupan de que los físicos o los economistas se metan en sus terrenos.

**No obstante, existe la idea generalizada de que las distintas ramas de la ciencia no se encuentran en el mismo nivel: algunas son más importantes que otras. La física suele considerarse la ciencia fundamental. ¿Por qué? Porque los objetos estudiados por las otras ciencias finalmente se componen de partículas físicas.** Por ejemplo, considérense los organismos vivos. Los organismos vivos están hechos de células, que a su vez están hechas de agua, ácidos nucleicos (como el ADN), proteínas, azúcares y lípidos (grasas), todo lo cual consta de moléculas o grandes cadenas de moléculas que se juntan. Sin embargo, las moléculas están hechas de átomos, que son partículas físicas. De este modo, los objetos estudiados por los biólogos terminan siendo entidades físicas muy complejas. Lo mismo se puede aplicar a las demás ciencias, incluso las sociales. Tómese por ejemplo, la economía. Esta ciencia estudia el comportamiento de las corporaciones y los consumidores en el mercado, así como las consecuencias de tal comportamiento. Pero los consumidores son seres humanos y las corporaciones están conformadas también por seres humanos, que son organismos vivos y, en consecuencia, entidades físicas.

¿Significa esto que, en principio, la física puede incluir a todas las ciencias de alto nivel? Como todo está hecho de partículas físicas, ¿podría pensarse que si tuviéramos una física completa, que nos permitiera predecir a la perfección el comportamiento de cada partícula física en el universo, todas las demás ciencias se volverían superfluas? La mayoría de los filósofos rechaza esta idea. Después de todo, es absurdo sugerir que la física podría más adelante aclarar lo que explican la biología y la economía. El prospecto de deducir las leyes de la economía y de la biología a partir de las leyes de la física se ve muy remoto. Como quiera que vaya a ser la física en el futuro, es poco probable que pueda predecir los altibajos económicos. Ciencias como la biología y la economía, lejos de ser reducibles a la física, son más bien autónomas.

Esto nos enfrenta a un problema filosófico. ¿Cómo puede una ciencia que estudia entidades físicas *no* ser reducible a la física? Dando por hecho que las ciencias de alto nivel son independientes de la física, ¿cómo es posible esto? De acuerdo con algunos filósofos, la respuesta reside en el hecho de que los objetos estudiados por las ciencias de alto nivel se realizan de manera múltiple en el nivel físico. Para ilustrar esta idea de la múltiple realización, imagínese una colección de ceniceros. Cada cenicero en lo individual es, por supuesto, una entidad física, como todo lo demás en el universo. Sin embargo, la composición física de los ceniceros podría ser muy diferente: algunos podrían estar hechos de vidrio, otros de aluminio, otros más de plástico, etcétera. Y es probable que difirieran en tamaño, forma y peso. Prácticamente no hay límites en la gama de propiedades físicas

que un cenicero puede tener. De este modo, es imposible definir el concepto "cenicero" sólo en términos físicos. No podemos encontrar una afirmación verdadera de la forma " $x$  es un cenicero si y sólo si  $x$  es...", donde el espacio en blanco puede llenarse con una expresión tomada del lenguaje de la física. Esto significa que los ceniceros se producen de múltiples maneras a nivel físico.

A menudo los filósofos invocan esta realización múltiple para explicar por qué la psicología no puede reducirse a la física o la química, si bien la explicación en principio funciona para cualquier ciencia de alto nivel. Considérese, por ejemplo, el hecho biológico de que las células nerviosas viven más que las células de la piel. Las células son entidades físicas, de modo que se podría pensar que la física algún día explicará este hecho. Sin embargo, en el nivel microscópico las células responden a la realización múltiple. Finalmente están hechas de átomos, aunque la disposición precisa de éstos sea muy distinta en las diversas células. De este modo, el concepto "célula" no puede definirse con términos extraídos de la física fundamental. No hay una afirmación verdadera de la forma " $x$  es una célula si y sólo si  $x$  es...", donde el espacio en blanco puede llenarse con una expresión tomada del lenguaje de la microfísica. Si esto es correcto, significa que la física fundamental nunca podrá explicar por qué las células nerviosas viven más que las células de la piel, o cualquier otro aspecto relativo a las células. El vocabulario de la biología celular y el de la física no se corresponden en la forma debida. En consecuencia, tenemos una explicación de por qué la biología celular no puede reducirse a la física, a pesar del hecho de que las

células son entidades físicas. No todos los filósofos están felices con la teoría de la realización múltiple, pero ésta promete brindar una explicación clara de la autonomía de las ciencias de alto nivel, tanto respecto de la física como de cualquier otra.