



La estructura y contrastación de las teorías científicas

Material de lectura

Los inicios de la Filosofía de la ciencia

La reflexión sobre la ciencia se remonta a los inicios de la Filosofía y a los primeros pasos hacia aquello que puede llamarse ciencia. Un ejemplo claro es el del ideal de ciencia demostrativa propuesto por Aristóteles que estudiamos en esta asignatura. En él se conjugan la producción, la sistematización de saberes y la reflexión en torno a cómo procede y ha de realizarse tal tarea. Ese ideal de ciencia inspira, posteriormente, los trabajos de Euclides en Geometría.

Sin embargo, recién en la primera mitad del siglo XX, la Filosofía de la ciencia se constituyó como una disciplina en cierto sentido autónoma y se institucionalizó. Como veremos más adelante, este proceso coincide con la formación del Círculo de Viena y con el surgimiento en su seno de una corriente epistemológica conocida como Positivismo lógico, que más tarde, cambiará de nombre para devenir en Empirismo lógico. No nos ocuparemos de diferenciar estas denominaciones y las trataremos indistintamente.

El proceso de conformación de la Filosofía de la ciencia como ámbito disciplinar fue inspirado por los importantes desarrollos que tuvieron lugar en la ciencia a comienzos del siglo XX, especialmente con los trabajos de Albert Einstein¹, y por la intensa actividad intelectual en Lógica y en Matemática hacia fines del siglo XIX y principios del XX.

El Círculo de Viena estaba integrado por científicos y filósofos con formación científica; se reunían en esa ciudad, convocados por el físico Moritz Schlick, para discutir problemas filosóficos acerca del conocimiento científico. Entre quienes protagonizaron los encuentros del Círculo de Viena a partir de 1924, se destacaron Rudolf Carnap, Herbert Feigl, Victor Kraft, Friedrich Weismann (todos ellos dedicados a la filosofía) junto con científicos como Hans Hann,

¹ En Física, Einstein mostró que una geometría no euclidiana funcionaba y esto cuestionó una de las certezas más firmes del momento. Además, sus teorías especiales y generales de la relatividad transformarían la comprensión del espacio, del tiempo y de la estructura del universo, y debilitó las bases conceptuales de la física de Newton, otro de los bastiones del saber de la época. Su trabajo abrió preguntas y dio lugar a intensas discusiones en torno a la naturaleza y la legitimidad del conocimiento científico.

Gustav Bergmann, Karl Menger, Kurt Gödel, Philipp Frank y Otto Neurath. Cercano, en muchos sentidos, al Círculo se formaría en Alemania la Sociedad de Berlín de Filosofía empírica, encabezada por Hans Reichenbach. A estos nombres se agregan, entre otros, el de Ludwig Wittgenstein, cuya obra *Tractatus lógico-philosophicus* fue recibida con entusiasmo por los positivistas lógicos y Carl Hempel (quien estudió con Reichenbach en Berlín y trabajó, luego, bajo el ala de Carnap).

En el manifiesto *La concepción científica del mundo*, los miembros del Círculo de Viena declararon que su objetivo es “promover y diseminar la *concepción científica* del mundo” en la ciencia, la filosofía, y más allá de ella. Con carácter eminentemente cooperativo, esta agrupación abordó problemas filosóficos en torno a la ciencia, especialmente, aquellos de carácter lógico, epistemológico y metodológico.

Esta corriente de pensamiento pretendió eliminar el pensamiento metafísico y teologizante de la ciencia, de la filosofía y de la vida diaria, e imponer un “modo de pensar fundado en la experiencia y contrario a la especulación”. Y, para ello, propuso una depuración o “purificación” de la ciencia y, por sobre todo, una transformación radical de la filosofía, de sus objetivos, tareas y modos de abordaje, a la luz de los logros recientes de la ciencia. La filosofía debía tomar un tenor más científico, adoptando estándares de la ciencia y el rigor de la Lógica. Es en este contexto que la Filosofía de la ciencia se instala como disciplina autónoma.

La Filosofía de la ciencia como reconstrucción racional

Este nuevo modo de concebir la Filosofía delineaba para ella un propósito y una metodología. Lejos dirigirse a formular problemas filosóficos o desplegar tratados sustantivos, se orientaba a la clarificación y análisis de la ciencia, más específicamente, de sus teorías. Estas teorías eran concebidas como sistemas de enunciados y de lo que se trataba era de analizar las relaciones lógicas entre enunciados y de estos, con la experiencia. La nueva orientación de la Filosofía apuntaba a la reconstrucción racional de la ciencia.

¿Cuál era la herramienta para llevar adelante la tarea? La nueva lógica de los *Principia mathematica* de Bertrand Russell y Alfred North Whitehead se volvió la principal forma de abordaje para el análisis de la ciencia empírica a través del empleo de formalismos lógico-matemáticos. Tal como lo resume Harold Brown: “Para el positivista lógico hay dos formas de investigación que producen conocimiento: la investigación empírica, que es tarea de las diversas ciencias, y el análisis lógico de la ciencia, que es tarea de la filosofía.”² El análisis lógico de las teorías y explicaciones permitiría descomponer los enunciados en otros cada vez más simples, hasta llegar a enunciados elementales de carácter empírico.

El rechazo a la metafísica

Esta concepción científica del mundo rechazaba la metafísica y se orientó a establecer una distinción clara entre ciencia y pseudo-ciencia, entre ciencia y metafísica. En la reconstrucción racional que se aplicaba tanto a la ciencia, como a la filosofía, el análisis lógico podía clarificar los problemas y transformarlos en problemas empíricos a ser resueltos, o bien revelar su carácter de pseudo-problemas y, de ese modo, disolverlos.

Tal como declararon sus miembros en el manifiesto *La concepción científica del mundo*, los problemas que los ocupan son los fundamentos de la aritmética, de la física, de la geometría, de la biología, la psicología y las ciencias sociales, como así también, la naturaleza del método

² Brown, H. *La nueva filosofía de la ciencia*, Madrid, Tecnos, 1998, p. 25.

axiomático, la construcción de sistemas axiomáticos para distintos ámbitos de la matemática, la aplicación de los sistemas axiomáticos “a la realidad” y su uso en las distintas ramas de la ciencia.

Como advierte Michael Friedman³, esto no ha de entenderse como una intención por “fundar” las ciencias, en el sentido ofrecer una justificación filosófica del conocimiento científico desde un lugar privilegiado por fuera de la ciencia misma, sino como un esfuerzo por comprender los objetos con los que trata, esclarecer su metodología y ofrecer clarificación lingüística y conceptual, tratando de reconstruir axiomáticamente sus teorías. La Filosofía debe adaptarse a los desarrollos de la ciencia, identificar la estructura lógica de las teorías, su relación con la evidencia observacional y con otras teorías.

Cabe destacar que el Círculo de Viena poseía aspiraciones que excedían el ámbito de la ciencia y su filosofía. Además de la reforma en el interior de la Filosofía y del proyecto de unificación de la ciencia, se orientaba a una transformación social, cultural, educativa y política. Su interés no era meramente teórico, sino lograr una “nueva organización de las relaciones económicas y sociales, hacia la unión de la humanidad, hacia la renovación de la escuela y la educación”⁴ “[...] el espíritu de la concepción científica del mundo penetra en creciente medida en las formas de vida pública y privada, en la enseñanza, en la educación, en la arquitectura, y ayuda a guiar la estructuración de la vida social y económica de acuerdo con principios racionales. *La concepción científica del mundo sirve a la vida y la vida la acoge.*”⁵

Este compromiso resultó ser un factor crucial que, con el advenimiento del nazismo al poder en 1933, obligó a muchos de los miembros del Círculo a migrar a Estados Unidos e Inglaterra. Ya en otro contexto social, cultural y político, la expansión de este movimiento, tuvo como correlato, su debilitamiento.

Los problemas de la Filosofía de la ciencia

La Filosofía de la ciencia se constituyó en el seno del Positivismo lógico, identificó problemas que debían ser resueltos y delineó un marco conceptual y metodológico. Su propuesta marcó la agenda de sus defensores y articuló la discusión de sus críticos. En lo que sigue presentaremos algunas de estas cuestiones y procuraremos ofrecer el marco conceptual y metodológico necesario para que se vuelvan inteligibles. Muchas de estas elaboraciones son parte del acervo conceptual y metodológico que forma parte de la formación y práctica científica usual. Pasemos entonces a enumerar algunas de las preguntas que constituyeron el núcleo de las reflexiones de la filosofía de la ciencia en su etapa inicial o clásica.

La distinción contexto de descubrimiento vs. contexto de justificación

Como vimos, una cuestión central era delimitar el ámbito de acción de la Filosofía, de qué se debía ocupar y cómo. Y, por supuesto, deslindarla claramente de la metafísica. La tarea de la Filosofía era lograr una reconstrucción racional de la ciencia, identificar su estructura lógica. Debe recordarse que, al hablar de ciencia, el foco estaba puesto en sus productos, las teorías, y no en la actividad productora de esos saberes. Más aún, el interés se centraba en el análisis

³ Friedman, M. *Reconsidering Logical Positivism*, Cambridge, Cambridge University Press, 1999, p. 2.

⁴ “La concepción científica del mundo: el Círculo de Viena Por la Asociación Ernst Mach: Hans Hahn, Otto Neurath, Rudolf Carnap” trad.: Pablo Lorenzano, en REDES Revista de Estudios sobre la Ciencia y la Tecnología, Vol. 9, No 18, Buenos Aires, junio de 2002, p. 11.

⁵ Op. cit., p. 124.

de esas teorías y en su relación con la experiencia y no en cómo se arriba a su formulación.

La distinción entre *contexto de descubrimiento* y *contexto de justificación* resultó crucial para delimitar la tarea de la Filosofía de la ciencia. Si bien dicha distinción fue originalmente formulada por Hans Reichenbach en 1938 en su libro *Experiencia y Predicción*, no es del todo claro que él la haya introducido con el sentido en que sería retomada y discutida desde entonces.

El contexto de descubrimiento se refiere al proceso de generación de nuevas hipótesis. Allí es posible reconocer factores psicológicos, sociológicos, etc., que intervienen en la generación y surgimiento de una idea o hipótesis. Contexto de justificación alude al testeo y validación de las hipótesis ya formuladas.

Dadas estas definiciones, es claro que era el contexto de justificación el que resultaba de incumbencia para la Filosofía, pues allí sí cabía llevar adelante el análisis lógico-filosófico que mencionamos antes. Una vez formulada una teoría, podía estudiarse su estructura y su relación con la experiencia, para lograr de ese modo, su justificación. Dada una teoría y ciertas hipótesis –aquellos enunciados que componen las teorías– es posible llevar adelante el proceso de validación de esas hipótesis a partir de sus consecuencias, proceso que se conoce como el de *contrastación de hipótesis* y del que nos ocuparemos más adelante. Esto es, no era la pregunta *¿cómo se arriba a una nueva hipótesis?*, sino *¿cómo se justifican las teorías e hipótesis científicas?* la que articularía la tarea filosófica, básicamente, porque solo la segunda se podía responder atendiendo a factores lógicos, metodológicos y empíricos.

Criterio de demarcación

El rechazo a la metafísica, y el intento de eliminarla de la ciencia y de la filosofía, llevó a los positivistas a interesarse especialmente en distinguir ciencia de metafísica. El análisis lógico permitía la descomposición de las teorías en sus diversos enunciados, ahora bien *¿cómo determinar si eran científicos o si eran meras especulaciones metafísicas? ¿Cómo podía distinguirse un enunciado que afirmara “Todas las almas van al cielo”, de otro que estableciera “Todos los objetos físicos están sometidos a fuerzas”?*

Como veremos, uno de los objetivos centrales de la Filosofía de la ciencia, desde este punto de vista clásico, consiste en establecer un criterio de demarcación entre ciencia y pseudo-ciencia, más precisamente (dado que el análisis se centraba en las teorías científicas y estas eran concebidas como conjuntos de enunciados), entre enunciados auténticamente científicos que pertenecen a las ciencias empíricas y los pseudo-científicos que deben ser excluidos de ellas.

Es importante notar que no se trata aquí del problema de probar la verdad de los enunciados, sino que la pregunta apunta a dirimir si un enunciado tiene o no carácter científico. Solo en caso que lo tenga, se emprenderá la tarea de la determinación de si es o no acertado. Más precisamente, solo entonces tiene sentido encarar su justificación a través de un proceso de contrastación de esas teorías.

La estructura de las teorías científicas

Dado que el abordaje filosófico de la ciencia se orienta, desde esta perspectiva, al análisis lógico de las teorías científicas, la pregunta por cuál es su estructura adquiere centralidad. Anticiparemos aquí la respuesta a esta pregunta pues solo así cobrarán sentido las siguientes cuestiones.

Es hora de adentrarnos en la reflexión sobre disciplinas como la física, la astronomía, la biología, la química, la sociología, la economía, entre otras. Suele incluirse a estas disciplinas bajo el rubro "ciencias empíricas".⁴ La investigación científica se orienta a dar cuenta de los fenómenos, explicarlos y, por qué no, predecirlos. Para lograr tal cosa, científicas y científicos construyen teorías. Como vimos, en los orígenes de la filosofía de la ciencia estas teorías empíricas son concebidas como sistemas de enunciados, más precisamente, de hipótesis.

Hasta ahora, hemos utilizado el término *hipótesis* sin definirlo. Sin embargo, dado que se trata de una noción central en nuestra presentación, debemos precisarlo. Las hipótesis pueden ser entendidas como posibles respuestas a las preguntas que se hacen los científicos en sus prácticas, son enunciados que proponen en un determinado momento para dar cuenta de un problema. Cuando son formuladas, se desconoce si son verdaderas o falsas, pero se trabaja para demostrar que son correctas. Nadie puede saber si una hipótesis es verdadera o falsa al enunciarla... ide otro modo, no tendría sentido la ciencia! Todas las grandes verdades científicas que hoy pensamos que son innegables y ciertas, en algún momento, fueron simples intentos por explicar algo, corazonadas de algún hombre o una mujer que creyó haber encontrado la respuesta que necesitaba pero que no podía saber si estaba en lo cierto o no. La ciencia se desarrolla sobre estas versiones provisorias de la realidad e investiga si, efectivamente, dan cuenta del fenómeno que necesitan explicar. El proceso de contrastación de hipótesis que presentaremos más adelante es, precisamente, el lugar en donde se dirime la suerte de esas hipótesis.

El modo de entender las teorías como sistemas de enunciados inició una tradición en la Filosofía de la ciencia y también en la ciencia. Aclaremos aquí qué quiere decir que las teorías sean sistemas de enunciados, ello nos obligará a introducir varias distinciones conceptuales.

El proyecto del Círculo de Viena era extender el método axiomático a otras ramas de la ciencia. ¿Qué quiere decir esto? ¿Cómo puede adaptarse este método a las teorías empíricas? De modo muy resumido decimos que un sistema axiomático es concebido desde una perspectiva contemporánea como un conjunto de elementos. Por un lado, un lenguaje, con términos y reglas sintácticas de formación de esos términos. Entre esos términos, algunos de ellos se toman como primitivos, mientras que otros se definen. Así, los sistemas axiomáticos incluyen enunciados que funcionan como definiciones explícitas de los términos. Además, incluyen otros enunciados: axiomas y teoremas. Los axiomas son los puntos de partida, aquellos enunciados que se aceptan sin justificación alguna. Muchos han entendido a los axiomas como definiciones implícitas de los términos, pues establecen conexiones entre ellos. Por último, los teoremas son enunciados que se obtienen por aplicación de las reglas de inferencia del sistema, a partir de axiomas u otros teoremas ya demostrados. Recordemos que las reglas de inferencia permiten deducir lógicamente enunciados de otros (no guían la formación sintáctica de esos enunciados).

Ahora bien, en el material de lectura "Geometría y sistemas axiomáticos" insistimos en que los axiomas eran puntos de partida, desde un enfoque formal y no eran ni verdaderos ni falsos hasta tanto no fueran puestos en correlación con algo más, hasta tanto no se ofreciera una

interpretación de ese sistema. Así, podíamos construir sistemas que describieran espacios posibles o estructuras de gobierno posibles. Ahora bien, luego podíamos poner en correlación esos sistemas con el espacio físico “real” o con la estructura de gobierno de un determinado país, por ejemplo, la Argentina. En ese caso entonces, sí cabía preguntarse por la verdad o falsedad de los axiomas y teoremas. Una vez que se aplicaba e interpretaba de ese modo el sistema axiomático para reconstruir un conjunto de saberes específicos, entonces sí cabía preguntarse si los axiomas y teoremas eran o no verdades de la disciplina en cuestión. Así, habiendo interpretado ese sistema axiomático para obtener una teoría empírica axiomatizada, se abre la pregunta por la verdad de esa teoría, por la verdad de los enunciados que la componen. Así, hasta tanto no se lo determine, puede pensarse en ellos como hipótesis: enunciados cuya verdad solo se supone, aunque se desconozca.

Es precisamente en este sentido que el Positivismo Lógico consideró que se podía extender el método axiomático al ámbito empírico y que se entendió que las teorías podían pensarse como sistemas axiomáticos interpretados o aplicados para dar cuenta de la realidad natural o social. Una vez que los términos son interpretados, la teoría adquiere contenido empírico y los axiomas son concebidos como hipótesis fundamentales de las cuales pueden deducirse otras hipótesis, como teoremas, que llamaremos hipótesis derivadas. Finalmente de esas hipótesis es posible deducir lo que llamaremos consecuencias observacionales, enunciados que pueden ser evaluados por la experiencia. Lo que suele llamarse sistema hipotético-deductivo puede ser entendido, entonces, como un sistema axiomático interpretado o aplicado.

Las teorías son sistemas de enunciados de distinto tipo. Que sea un sistema quiere decir que los enunciados guardan relaciones entre sí y esas relaciones son deductivas (del tipo de las estudiadas en el material de lectura 3) y, por lo tanto, garantizan la trasmisión de verdad. De modo que, *si* los enunciados que se toman como puntos de partida *fueran* verdaderos, todas las consecuencias que se obtengan deductivamente de ellos también lo *serían* . La constatación empírica de esas consecuencias es el modo de decidir si efectivamente lo son.

Esta es una primera aproximación simplificada a la pregunta por cuál es la estructura de las teorías científicas. Como algunos autores han señalado, no existe una única respuesta del Empirismo lógico a dicha. Solo hay ciertos elementos comunes a las distintas caracterizaciones, uno de ellos es que las teorías tienen la estructura de un sistema axiomático de oraciones. Ahora bien, esta primera aproximación no hace justicia al carácter empírico que los positivistas reconocían a las teorías empíricas. El aparato conceptual necesario para dar cuenta de qué es una teoría científica empírica es necesariamente más complejo, por ello debemos introducir unas cuantas distinciones más.

Los términos que componen las teorías

Una primera distinción que suele formularse en relación con el vocabulario de las teorías, clasifica a los términos en teóricos y observacionales. Se trata de una distinción que ha sido objeto de debate desde el momento mismo en que fuera formulada en el seno del Empirismo lógico. Más aún, las críticas a esta distinción han motivado, entre otros factores, el surgimiento de concepciones epistemológicas alternativas. Sin embargo, su presentación resulta crucial para comprender la reacción y motivaciones de lo que se ha denominado Nueva Epistemología, como así también, para comprender el modo en que se conciben las teorías científicas y para presentar el proceso de contrastación de hipótesis. De modo que, en lo que sigue, supondremos que es posible distinguir entre estos dos tipos de términos.

Como vimos, los términos lógicos sirven para formar oraciones complejas y los no lógicos hacen referencia a ciertos objetos, sus propiedades o relaciones entre ellos. Así, por ejemplo,

dada la siguiente oración: *Charles Darwin y Marie Curie eran rubios*, los nombres *Charles Darwin* y *Marie Curie* refieren a ciertas entidades, seres humanos; la expresión *eran rubios* denota una propiedad, mientras que la *y* conecta ambas expresiones.

Los términos no lógicos pueden ser teóricos u observacionales. La diferencia es aquello a lo que hacen referencia.⁶

Los términos observacionales son aquellos que refieren a objetos, propiedades o relaciones accesibles de modo directo por medio de la experiencia, es decir, por medio de los sentidos. Son ejemplos de este tipo: *mono, vaca, balanza, tener rayas, cuello, planeta, ser negro, ser ácido, ser ruidoso*, etc.

En cambio, los términos teóricos son aquellos a los que se accede de modo indirecto, por medio de instrumentos o teorías. Así, por ejemplo solo si disponemos de microscopios poderosos podemos observar, las células y su estructura. Más aún, en los inicios de la genética, cuando se hablaba de genes, no se hacía referencia a nada que se hubiera podido identificar mediante observaciones, sino que se postuló este tipo de entidades para explicar los fenómenos que sí se observaban: la herencia de caracteres de los progenitores a su descendencia.

La historia reciente de la Física revela un ejemplo similar. El bosón de Higgs fue postulado hace aproximadamente medio siglo en las teorías del físico Peter Higgs, como una de las partículas elementales que componen la materia y que permitirían explicar la estructura última de la materia y la generación de masa de todas las partículas, incluida ella misma. Recién el 4 de julio de 2012 se celebró el hallazgo de aquella partícula, a partir de un complejo experimento realizado en la Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN). Dicho hallazgo fue mucho más indirecto de lo que podríamos suponer. Como afirma la física Nora Bär, no era precisamente a la partícula sino ciertos efectos esperables de su presencia:

Lo que habían “observado” -en billones de colisiones entre protones acelerados casi a la velocidad de la luz en las entrañas del túnel de 27 km de circunferencia, a unos 100 metros bajo la tierra en la frontera franco-suiza- eran evidencias contundentes de que existe una partícula cuyas señas coinciden de manera llamativa con lo que se había postulado para resolver un problema teórico entre las fuerzas de partículas elementales.⁷

En síntesis, podrían considerarse como términos teóricos, por ejemplo: *gen, bosón de Higgs, microorganismos, alelo, electrón, fotón, quark, inconsciente*, etc.

Para los partidarios de la distinción, ambas partes del vocabulario (términos teóricos u observacionales) resultan importantes en la práctica científica. Por un lado, el desarrollo teórico presupone la introducción de un vocabulario específico que no refiere a entidades observables de modo directo, pero que sirve a los efectos de dar cuenta y articular los fenómenos observables. Por su parte, el vocabulario observacional resulta crucial para el registro de observaciones y resultados experimentales, y la ulterior contrastación empírica de las teorías desarrolladas.

⁶ En sentido estricto, no todo término no lógico denota algo (por ejemplo, el artículo *la*). Por lo tanto, al referirnos a esta clase de términos, solo consideramos aquellos que podríamos llamar descriptivos.

⁷ Nora Bär (2015), Prólogo, en Dova, María Teresa, *Qué es el bosón de Higgs*, Buenos Aires, Paidós.

La distinción entre términos teóricos y observacionales dista de ser clara. De hecho, sus mismos promotores pasaron desde la idea de que se trataba de una distinción tajante, a pensarla como una de carácter gradual y con límites difusos. Veamos la siguiente cita de Rudolf Carnap, uno de quienes han propuesto y tematizado esta distinción:

En metodología de las ciencias se acostumbra, por razones de utilidad, dividir el lenguaje científico en dos partes, el lenguaje de observación y el lenguaje teórico. El primero usa términos que designan propiedades y relaciones observables, para los efectos de la descripción, los objetos o hechos igualmente observables. El lenguaje teórico, a su vez, contiene términos que pueden referirse a hechos inobservables o a aspectos o rasgos inobservables de los hechos, como por ejemplo, a micro-partículas tales como electrones o átomos, al campo electromagnético o al de gravitación en física, a impulsos y potenciales de diversos tipos en psicología, etc.⁸

Aquí la asociación no resulta demasiado clarificadora: los términos observacionales refieren a lo observacional, los teóricos a lo que no lo es. A los efectos de volver más claro este punto, hemos hablado de “acceso inmediato o directo”, pero ¿qué quiere decir que algo sea accesible de modo directo? ¿Hay una línea demarcatoria clara? Parece no haberla y el mismo Carnap se vio obligado a debilitar la distinción. Tal como sugieren los epistemólogos José Díez y Ulises Moulines:

Carnap, en su monografía de 1966, acabó también aceptando explícitamente que la distinción es gradual. Por ejemplo, si la percepción visual directa cuenta como observación, ¿qué ocurre con la asistida de lentes, de prismáticos o catalejos?, ¿y de telescopio óptico?, ¿de telescopio de radio? O, para ir en la dirección contraria, ¿cuenta cómo observación la realizada con lupa?, ¿y con microscopio óptico?, ¿y con microscopio electrónico? ¿Observa directamente el físico la trayectoria de una partícula cuando ve el rastro en una cámara de niebla?; ¿se observa la corriente eléctrica al ver moverse la aguja de un amperímetro?”.⁹

Veremos más adelante propuestas que ponen en tela de juicio la posibilidad misma de llevar adelante una distinción entre términos teóricos y observacionales.

Los enunciados que componen las teorías

Partiendo de la distinción recién formulada entre diferentes tipos de términos: teóricos y observacionales, es posible clasificar los enunciados que conforman las teorías e intervienen en la práctica científica de acuerdo al tipo de términos que contienen, de acuerdo a su carácter empírico o teórico, y a su alcance.

Enunciados empíricos básicos

Tal como su nombre lo indica, estos enunciados son empíricos y son básicos”. Lo primero sugiere que se formulan en vocabulario observacional: todos sus términos no lógicos son observacionales. Lo segundo, que se trata de enunciados singulares o muestrales. Los enunciados singulares son aquellos que se refieren a un individuo específico. Un ejemplo es:

⁸ Carnap, Rudolf (1967 [1956]), El carácter metodológico de los conceptos teóricos, en Feigl, Herbert y Scriven, Michael (eds.), *Los fundamentos de la ciencia y los conceptos de la psicología y del psicoanálisis*, Santiago de Chile, Universidad de Chile.

⁹ Díez, J. y C. U. Moulines, *Fundamentos de Filosofía de la Ciencia*, Barcelona, Ariel, p. 300.

“Bernardo Houssay ganó el premio Nobel”. Para determinar la verdad o falsedad de la oración, debemos analizar el caso en cuestión. Contraponemos estos enunciados a los enunciados universales que referían a una clase de individuos.

Ahora estamos en condiciones de introducir una precisión. Existen enunciados que refieren a un conjunto de individuos (a la manera de los enunciados universales) pequeño (lo cual los asemeja a los singulares). Los enunciados muestrales son aquellos que hablan sobre un conjunto finito y accesible, es decir, un conjunto lo suficiente pequeño como para que los enunciados puedan ser evaluados, del mismo modo que los singulares. Así, por ejemplo, el siguiente enunciado:

Todos los monos que realizaron viajes espaciales entre 1948 y 1949 murieron durante el vuelo.

Se trata de un enunciado muestral. Si bien, parece tener la forma de un enunciado universal, se refiere en realidad a cuatro monos, poco originalmente llamados: Albert I, II, III y IV. De modo que evaluar la verdad de ese enunciado no conlleva las dificultades que habíamos mencionado a propósito de los enunciados universales.

Los enunciados empíricos básicos son enunciados singulares o muestrales que se formulan utilizando términos no lógicos de carácter observacional. Ejemplos de este tipo de enunciados son:

Este mono utilizó una piedra para partir el fruto.

El grupo de personas convocadas para el experimento C134 marcó el mismo casillero en la hoja 43.

El cuello de la jirafa X76 es más largo que el de la jirafa X4.

El 11 de junio de 1948 Albert I despegó en un cohete.

Estos enunciados, al referirse a un individuo o a una muestra y a lo inmediatamente observable, tienen una característica importante que es la efectividad, por la que podemos decidir de manera directa, por simple observación, acerca de su verdad o falsedad. Por ello, estos enunciados resultan cruciales en la contrastación de hipótesis científicas pues juegan el rol de consecuencias observacionales.

Generalizaciones empíricas

Al igual que los enunciados empíricos básicos, las generalizaciones empíricas también contienen exclusivamente términos no lógicos de carácter observacional pero, a diferencia de aquellos se refieren a clases infinitas o potencialmente infinitas estableciendo regularidades o uniformidades. Distinguimos tres tipos de generalizaciones empíricas según el alcance de dichas generalizaciones: las universales, las estadísticas o probabilísticas y las existenciales.

Los siguientes enunciados son ejemplos de generalizaciones empíricas universales:

Los cerebros de los monos son más grandes que los de las ratas.

Los metales se dilatan al ser sometidos al calor.

Las cebras poseen líneas blancas y negras en su pelaje.

Son empíricas porque solo incluyen términos observacionales como términos no lógicos (se refieren a la presencia o ausencia de una propiedad o relación observable en entidades observables) y son universales porque tienen carácter irrestricto, pretenden que aquello que se afirma, se cumple en todo lugar y tiempo sin excepción. Muchas de las hipótesis científicas que tomaremos como ejemplos tienen esta forma. En este punto nos preguntamos: ¿es posible determinar de modo directo la verdad de este tipo de generalizaciones empíricas? Si bien todos sus términos no lógicos se refieren a entidades observables, las generalizaciones empíricas de este tipo requieren de una evaluación indirecta. No es posible abarcar la totalidad de los objetos a los que se refieren para probar su verdad, es decir, para verificar el enunciado. Sin embargo, si atendemos a su forma, bastaría encontrar un contraejemplo para establecer su falsedad.

Las generalizaciones empíricas pueden tomar la forma de enunciados generales de otro tipo. Podemos referirnos a un porcentaje de una población o asignar una probabilidad a la ocurrencia de un fenómeno en una población infinita o inaccesible, como en las **generalizaciones empíricas** que tienen la forma de oraciones **estadísticas** o **probabilísticas** y cuyos términos descriptivos son exclusivamente empíricos, por ejemplo:

En promedio, una mujer tiene en la actualidad 1 en 8 probabilidades de desarrollar cáncer de mama a lo largo de una vida de 80 años.

Los embarazos múltiples se dan de manera natural con una incidencia de 1 cada 80 embarazos en el caso de gemelos o mellizos.

Estos enunciados tienen problemas adicionales, tanto para la determinación de su verdad, como de su falsedad; por esta razón, no nos ocuparemos de la contrastación de este tipo de hipótesis.

Por último, las generalizaciones empíricas existenciales son enunciados existenciales que poseen únicamente términos observacionales. Un ejemplo es el siguiente:

Existen seres vivos que no requieren oxígeno para vivir.

En este caso se observa una asimetría tal como ocurre con los enunciados universales, pero inversa: las complicaciones se generan al tratar de probar su falsedad –y no su verdad–, pues ello implica recorrer un conjunto demasiado extenso como para poder ser inspeccionado.

Enunciados teóricos

Los enunciados teóricos se caracterizan por la presencia de vocabulario teórico. Estos contienen al menos un término teórico. Más allá de esto, pueden ser singulares, muestrales o generales (universales o probabilísticos).

Suele distinguirse a los enunciados teóricos entre *puros* y *mixtos*. Los primeros son aquellos que solo contienen términos teóricos como vocabulario no lógico, mientras que los mixtos son aquellos que contienen al menos un término teórico y al menos uno observacional. Ejemplos

de enunciados teóricos puros son los siguientes:

Los átomos están compuestos de electrones.

Los quarks son partículas sub-atómicas.

Los alelos son las diferentes formas alternativas que puede tener un mismo gen.

Por referirse a entidades que no son accesibles de modo directo (átomo, electrón, quark, partícula sub-atómica, alelo, gen, locus) -además, en algunos casos, por tratarse de enunciados universales o estadísticos-, estos enunciados solo pueden evaluarse mediante un proceso de contrastación empírica. Ahora bien, para que pueda llevarse adelante este proceso es necesario conectar estos enunciados que incluyen únicamente vocabulario no teórico con el ámbito de lo observacional. Esta función la desempeñan los enunciados teóricos mixtos o, como se los suele llamar también, *reglas de correspondencia*. Los enunciados teóricos mixtos son aquellos que vinculan lo puramente teórico con lo puramente observacional. Ejemplos de este tipo de enunciados son los siguientes:

Las infecciones causadas por bacterias estreptococos producen enrojecimiento de la garganta.

Las partículas subatómicas dejan un rastro visible en la cámara de niebla.

En resumen, las teorías empíricas pueden entenderse como sistemas axiomáticos interpretados. Algunas hipótesis que se consideran fundamentales juegan el rol de axiomas, y otras derivadas de las anteriores, el de teoremas. Ahora bien, si asumimos que las ciencias empíricas pretenden dar cuenta de cómo es el mundo, es necesario conjugar dos componentes diferentes: el teórico y el empírico. Por otra parte, no basta con construir sistemas de hipótesis que gocen de virtudes tales como la coherencia, es menester comprobar que esos sistemas de enunciados se corresponden con la realidad, con la experiencia. ¿Cómo asegurar tal cosa? ¿Qué papel desempeña la experiencia y cómo?

Resulta importante destacar aquí que las hipótesis que integran las teorías científicas son de carácter general. Por ejemplo, en relación con una hipótesis como la siguiente: *Todos los metales se dilatan al ser sometidos al calor*, ¿qué implica poner a prueba?, ¿qué problemas podrían surgir al intentar comparar esas hipótesis con la experiencia?, ¿cómo podríamos hacer para constatar que la afirmación se cumple efectivamente para todos los metales?

Más aún, estas hipótesis suelen ser teóricas. El desarrollo de las ciencias suele conllevar la formulación de un aparato conceptual de un alto nivel teórico. Considere la hipótesis "Los quarks son partículas sub-atómicas" ¿cómo podría constatarse su verdad? ¿Qué problemas le parece que podrían surgir al intentar comparar esas hipótesis con la experiencia? ¿Qué tipo de consecuencias observacionales podríamos obtener a partir de esa hipótesis? ¿Qué tipo de experiencia podría jugar a favor o en contra de esa afirmación teórica pura? La postulación de conceptos teóricos tiene que anclar de algún modo en la experiencia, de aquí la importancia de los enunciados teóricos mixtos. Son estos los encargados de vincular ese aparato teórico con el observacional. De vincular el plano netamente teórico con el observacional para permitir que la experiencia funcione como tribunal de esos constructos teóricos.

Resta una cuestión, esas teorías, o más específicamente, las hipótesis de las que aquellas están conformadas, se postulan para dar cuenta de los fenómenos, pero no son aceptadas sin más; han de ser sometidos a prueba. Y, por más que sean mixtos, como vimos, los enunciados

teóricos en general, pueden –y suelen– ser generales. De modo que ¿cómo se los podría someter a prueba? ¿Cómo se podría poner a prueba el último enunciado formulado? Dado su alcance, no es posible decidir su verdad o falsedad de modo inmediato. La contrastación empírica es el proceso mediante el cual las hipótesis –y con ello las teorías– son sometidas a prueba. Para llevar adelante este proceso, resultará imprescindible derivar nuevos enunciados, en este caso, se tratará, como veremos en la siguiente sección, de enunciados empíricos básicos. Por ejemplo, en nuestro caso.

El proceso de contrastación de hipótesis

Como dijimos, la Filosofía de la ciencia clásica se orienta al análisis lógico de las teorías empíricas y, también, a su relación con la evidencia empírica disponible. De lo que se trata no es solamente de estudiar cómo están formadas y estructuradas las teorías sino también, de analizar cómo es que ellas resultan justificadas. La contrastación de hipótesis desempeña un rol central desde la perspectiva clásica en tal justificación.

Primera aproximación a la contrastación

Nos ocuparemos de presentar con cierto detalle algunas reconstrucciones de la contrastación de hipótesis científicas. Comenzaremos con una primera aproximación muy simplificada de este proceso e iremos complejizando la presentación progresivamente para, finalmente, discutir la imagen de la ciencia que resulta de poner en el centro de la escena a la contrastación.

Para explicar cómo se contrastan las hipótesis científicas consideraremos un ejemplo contemporáneo tomado de la neurobiología.

Aunque hoy sean corrientes los libros que buscan explicar cómo funciona nuestro cerebro y cómo podemos vincular los mecanismos que lo rigen con áreas dispares como la economía, la educación o incluso la tecnología, desde tiempos antiguos los seres humanos quisimos saber qué teníamos dentro de nuestra cabeza. El primer registro que tenemos de su estudio es un papiro que data del siglo XVII antes de Cristo (a.C.), en el que se habla del cerebro como un órgano del cuerpo y se describen distintos tratamientos realizados sobre dos pacientes que presentan lo que un médico actual llamaría fractura de cráneo. Un poco más adelante en el tiempo, en el 1500 a.C., se escribió un papiro con cuarenta y ocho descripciones clínicas sobre fracturas expuestas en el cráneo, en las que se explican las distintas funciones de cada parte del cerebro.

Mucho más tarde, en la segunda mitad del siglo I a.C., el filósofo Alcmaeon de Crotona¹⁰, escribió un tratado sobre medicina del que hoy no conservamos fragmentos pero cuyo contenido podemos conocer a partir de los comentarios de personas que sí lo leyeron y estudiaron. El filósofo griego Hipócrates¹¹, por ejemplo, comentó en su obra el pensamiento de Alcmaeon, a quien adjudicó ser el primero en postular que la mente residía en el cerebro. Aunque quizá en la actualidad no nos parezca una noción revolucionaria, en aquel tiempo no existía consenso al respecto de dónde residían nuestras habilidades cognitivas. De hecho, uno de los pensadores más importantes de la historia, Aristóteles, sostenía que la inteligencia se encontraba en el corazón y que la función del cerebro era enfriar el sistema sanguíneo para

¹⁰ Alcmeón de Crotona fue un filósofo que vivió en el siglo VI a. C., del que se conocen muy pocos datos biográficos pero cuyos escritos médicos fueron muy estudiados y analizados por la Escuela Pitagórica.

¹¹ Hipócrates de Cos (Cos, c. 460 a. C. - Tesalia c. 370 a. C.) fue un médico de la Antigua Grecia que es considerado por muchos como "el padre de la medicina".

controlar, de este modo, los impulsos pasionales.

Con el correr de los siglos se consolidó la noción de que nuestros pensamientos, ideas y capacidad de razonar, entre otras habilidades, están físicamente ligadas al cerebro. No se conocían con precisión los detalles de este vínculo, pero circunstancias como personas que perdían la capacidad del habla, por ejemplo, a partir de lesiones en la cabeza eran indicios de esta estrecha relación. Los avances científicos del español Santiago Ramón y Cajal¹² a comienzos del siglo XX, permitieron conocer más sobre este órgano, como la existencia de neuronas y su particular estructura –un hallazgo realizado gracias a la invención del microscopio–. El cerebro es hoy el centro de atención no solo en los laboratorios y centros de investigación, sino también en obras de ficción como la película *Matrix*, en donde lo que entendemos por realidad no es más una fabricación de estímulos que recibimos de manera externa, o cómics en los que héroes y villanos sufren alteraciones en sus cerebros que les permiten acceder a nuevas habilidades, como la telequinesis o el control de otras mentes.

Como queda claro, no son pocos los que están interesados en conocer cómo funciona el cerebro. Son numerosos los científicos que, en todo el globo, están tratando de responder los interrogantes que plantea. Cerca de nuestro país, en la Universidad Federal de Río de Janeiro, está el Laboratorio de Neuroanatomía Comparada, en donde se estudia nuestro cerebro en relación con el de otros animales. Las ciencias comparadas son una práctica muy común en la actividad científica, ya que tomar como parámetro lo que sucede en otras especies puede ser un camino útil para entender mejor a nuestros propios órganos. En ese laboratorio trabaja la neurocientífica Suzana Herculano-Houzel, quien se propuso entender cuánta energía utiliza nuestro cerebro y de dónde la obtenemos.

Cuando comenzó a trabajar en el tema, a comienzos del año 2003, sus colegas creían que los cerebros de todos los mamíferos eran muy similares en su estructura, esto es, con un número de neuronas presentes en el cerebro proporcional a su tamaño. Esto significaba que lo que importaba al analizar los cerebros de los mamíferos era su tamaño, ya que a mayor tamaño le correspondían mayor cantidad de neuronas. No existían métodos precisos para conocer el número exacto de neuronas, así que se recurrían a cálculos estimativos y puramente teóricos basados en el tamaño de la corteza cerebral. Y como las neuronas son las responsables de nuestras actividades cognitivas, tener mayor cantidad de ellas significaba el acceso a más y mejores habilidades. Dos cerebros con el mismo tamaño, tenían un número similar de neuronas lo que, entonces, significa que tienen actividades cognitivas parecidas.

Sin embargo, la Dra. Herculano-Houzel descubrió un problema con esta idea. Si, como se sabe, las neuronas son las unidades funcionales de procesamiento de la información y, por lo tanto, son responsables de nuestras habilidades cognitivas; entonces a igual cantidad de neuronas, igual habilidad cognitiva. Dos cerebros de 400 gramos, por ejemplo, deberían tener la misma cantidad de neuronas y, a la vez, las mismas habilidades. Pero esto no se cumple: el cerebro de un chimpancé y el de una vaca comparten el mismo tamaño y, sin embargo, las facultades y el comportamiento del primer animal son muy superiores que las del segundo. No sólo eso, sino que la idea que sostenían los neurocientíficos en ese momento implicaba que a mayor tamaño de cerebro, mayor cantidad de neuronas y, consecuentemente, mayores habilidades cognitivas. Esto significaría que los elefantes, que tienen un cerebro que puede alcanzar hasta los 5 kilos, y las ballenas, que portan un órgano de hasta 9 kilos, deberían ser más inteligentes que nosotros, que tenemos en el cráneo un cerebro pequeño de no más de un

¹² Santiago Ramón y Cajal (Petilla de Aragón, 1 de mayo de 1852-Madrid, 17 de octubre de 1934) fue un médico español que compartió el premio Nobel de Medicina en 1906 por sus investigaciones sobre las neuronas.

kilo y medio. El tamaño del cerebro parece ser coherente con el tamaño del resto del cuerpo: las ballenas tienen uno de 9 kilos porque son los mamíferos más grandes de la Tierra, con un peso que puede alcanzar las 80 toneladas. Nuestro cerebro de modestos 1500 gramos es proporcional a nuestro cuerpo. Sin embargo, esa regla tampoco se cumple: los gorilas tienen un cuerpo dos o tres veces más grande y pesado que el nuestro pero su cerebro a veces no alcanza el medio kilo. Es por esto que decidió rechazar el supuesto de que todos los cerebros de mamíferos comparten la misma estructura y son, por lo tanto, similares.

Al igual que muchos antes de ella, la Dra. Herculano-Houzel quería conocer más sobre el cerebro. Y la guiaba una inquietud: conocer cuánta energía utiliza nuestro cerebro y saber de dónde la obtenemos. Pero cuando comenzó a buscar respuestas, se dio cuenta que necesitaba someter a una evaluación crítica varios de los supuestos que hasta ese entonces la comunidad científica tomaba como ciertos. En esta lección vamos a acompañar el camino que realizó esta neurocientífica y a aprender cómo es el método de contrastación de hipótesis, uno de los elementos centrales de la práctica de las ciencias.

Los colegas de la Dra. Herculano-Houzel, expertos en neuroanatomía comparada, ya se habían puesto a analizar los cerebros de distintos mamíferos y a tratar de entender cómo eran. A partir de la observación de varios casos, detectaron muchas similitudes en su forma y en la distribución de sus partes, por lo que para explicarlo postularon que todos tenían la misma estructura y distribución de neuronas.

Esta respuesta a la pregunta de cómo son los cerebros de los mamíferos comparándolos entre sí es lo que en ciencia se llama **hipótesis**. Podemos enunciarla de un modo claro, tratando de evitar vaguedades y ambigüedades propias del lenguaje de todos los días:

Hipótesis: Todos los cerebros de mamíferos comparten la misma estructura.

Como vimos, esto quiere decir el número de neuronas presentes en un cerebro es proporcional al tamaño del cerebro. Recordemos que las hipótesis pueden ser entendidas como son enunciados que los científicos proponen en un determinado momento para responder a un problema. Al momento de formularla entonces no es más que una respuesta posible, se desconoce si es una respuesta acertada.

De hecho, la Dra. Herculano-Houzel sospechó que esta hipótesis no era correcta y la puso a prueba. Si efectivamente, todos los cerebros de mamíferos comparten la misma estructura y distribución de neuronas, entonces animales con cerebros del mismo tamaño tendrán las mismas habilidades cognitivas. Tal como mencionamos más arriba, tanto un chimpancé como una vaca tienen cerebros de alrededor de 400 gramos y basta una simple observación de su comportamiento para saber que las capacidades de uno y otro son muy distintas. Por lo tanto, nos atrevemos a afirmar que la hipótesis con la que comenzamos nuestro desarrollo es equivocada.

Averiguar si una hipótesis es correcta o no es lo que se conoce como **proceso de contrastación de hipótesis**. Este mecanismo consiste en inferir deductivamente consecuencias de las hipótesis que queremos contrastar y luego comprobar si éstas se cumplen o no. Las consecuencias que debemos deducir de la hipótesis son enunciados básicos, es decir, enunciados singulares o muestrales con términos observacionales y sin términos teóricos. Así:

Hipótesis: Todos los cerebros de mamíferos comparten la misma estructura.

Consecuencia observacional: Los chimpancés y vacas analizados por el equipo de la doctora Herculano-Houzel tendrán las mismas habilidades cognitivas.

Como podrá observar, en sentido estricto, la oración “Los chimpancés y vacas analizados por el equipo de la doctora Herculano-Houzel tendrán las mismas habilidades cognitivas” no se sigue deductivamente de la hipótesis que se somete a contrastación. Solo cuando explicitamos cierta información presupuesta, tal vínculo deductivo se logra. Cuando deducimos que estos chimpancés y vacas tendrán las mismas habilidades cognitivas a partir de la idea de que todos los cerebros de mamíferos comparten la misma estructura, lo hacemos porque presuponemos que:

Se mide el tamaño del cerebro de los chimpancés y de las vacas estudiados por el equipo dando por resultado que tienen igual tamaño.

Las habilidades cognitivas están ligadas con la cantidad de neuronas (y, consecuentemente, con el tamaño del cerebro).

Tal como indicaremos más adelante, lo primero funciona como condiciones iniciales desde donde partimos para lograr esa consecuencia. Lo segundo, funciona como una hipótesis auxiliar. Más adelante estudiaremos con más detalle ambas, por ahora queremos mantener la presentación lo más sencilla posible. Concentrémonos en la hipótesis que queremos contrastar y en la consecuencia que hemos extraído de ella. La consecuencia –que llamaremos **consecuencia observacional** porque, como indicamos, es un enunciado singular o muestral sin términos teóricos– es que los chimpancés y vacas estudiados tendrán las mismas habilidades cognitivas. Como esa consecuencia no se cumple, porque basta observar la conducta de chimpancés y vacas para entender que tienen habilidades muy distintas, deberíamos dudar de la hipótesis y ponernos a pensar en si estará en lo correcto. Las consecuencias observacionales son muy importantes para el desarrollo de la ciencia porque son el camino que permite investigar la verdad de una hipótesis. Como hemos anticipado, en virtud del tipo de enunciado que son –enunciados generales con o sin términos teóricos–, las hipótesis no se pueden poner a prueba directamente, es por eso que se deben deducir de ella las consecuencias observacionales que, al ser enunciados empíricos básicos, es más sencillo llegar a un acuerdo en si se cumplen o no. De todos modos, como veremos en los próximos materiales de lectura, la verdad o falsedad de una hipótesis es objeto de un amplio debate.

A esto es lo que en muchas ocasiones se lo conoce como *método científico*, el procedimiento por el cual la ciencia pone a prueba sus conjeturas y, eventualmente, le confiere a lo obtenido el status de “saber” o “conocimiento”. No se trata, claro, de una idea que sea aceptada así nomás. De hecho, son numerosos los filósofos de la ciencia –esto es, los filósofos que toman como objeto de su reflexión a la ciencia– que creen que no se puede hablar un único método científico. Aunque estos temores pueden estar justificados, lo cierto es que es común entender por método científico a la práctica de postular hipótesis y ponerlas a prueba mediante observaciones y experimentos que pueden ser replicados por otras personas. Los detalles de cómo se lleva esto a cabo pueden cambiar mucho entre una concepción de la ciencia y otra, pero entendido en líneas generales se trata de un mecanismo propio de la práctica científica.

Antes de profundizar sobre estos contenidos, repasemos algunos de los conceptos mencionados con estos ejercicios.

La asimetría de la contrastación

Como ya vimos, la lógica es una disciplina que, entre otras cosas, nos permite discernir entre razonamientos válidos –es decir, los que transmiten la verdad de las premisas a la conclusión– y aquellos que no lo son. Es por eso que, desde los inicios mismos de la filosofía de la ciencia, se consideró que el mejor camino para entender el proceso de puesta a prueba o contrastación de hipótesis consiste en detectar la forma de los razonamientos involucrados y tratar de descubrir con ayuda de la lógica si estamos ante deducciones válidas o inválidas.

Tomemos primero la puesta a prueba de la primera hipótesis que mencionamos. La vamos a llamar H1 para evitar confusiones con las siguientes hipótesis que veremos a lo largo de la lección.

H1: Todos los cerebros de mamíferos comparten la misma estructura.

Dijimos que la manera de contrastar o poner a prueba la hipótesis era a partir de consecuencias observaciones, que llamaremos CO1. En este caso, lo que había pensado la Dra. Herculano-Houzel era que si todos los cerebros de los mamíferos eran esencialmente iguales, entonces animales con cerebros de igual tamaño, como los chimpancés y las vacas, debían exhibir las mismas capacidades cognitivas. Esto puede ser formulado así:

CO1: Los chimpancés y vacas analizados por el equipo de la doctora Herculano-Houzel tendrán las mismas habilidades cognitivas.

La contratación o puesta a prueba de esta hipótesis, entonces, se orienta a averiguar si es correcta la hipótesis, si es correcto que todos los cerebros de mamíferos comparten la misma estructura (H1). Para ello se obtiene deductivamente a partir de la hipótesis una consecuencia observacional: los chimpancés y vacas que se estudien tendrán las mismas habilidades cognitivas (CO1). Tal como anticipamos, en sentido estricto, para que la consecuencia observacional se deduzca efectivamente de la hipótesis es necesario agregar alguna información adicional. Por el momento, omitiremos este punto por el momento para simplificar la presentación. Dado que la consecuencia observacional se ha deducido de la hipótesis podemos formular el siguiente condicional:

Si H1 entonces CO1

En donde la hipótesis ocupa el lugar de antecedente y la consecuencia observacional funciona como el consecuente. Dado que el razonamiento es deductivo, ese condicional ha de ser verdadero. Recordemos que, por un lado, un argumento es deductivo o válido si no puede darse que las premisas sean verdaderas y la conclusión falsa. Por otra parte, un enunciado condicional del tipo “Si A entonces B” es falso únicamente si el antecedente (“A”) es verdadero y el consecuente (“B”) falso, en el resto de los casos es verdadero. Atendiendo a ello es posible entender por qué si un argumento es válido, el condicional que surge de combinar a las premisas como su antecedente y a la conclusión como su consecuente, debe ser verdadero; la

validez del argumento garantiza que no se dará el caso en que el antecedente del condicional (aquel dado por la conjunción de las premisas) sea verdadero, y su consecuente (el enunciado que funcionaba como conclusión) falso.

La observación de la conducta de chimpancés y vacas, nos lleva a entender que efectivamente sus capacidades cognitivas no son idénticas, lo que conduce a negar la consecuencia observacional:

No es cierto que CO1

Si recordamos las reglas de inferencia que estuvimos analizando en lecciones pasadas, podemos reconocer que estamos en presencia de una forma que ya estudiamos, el *Modus Tollens*. Obtuvimos deductivamente a partir de la hipótesis una consecuencia observacional, lo que nos condujo a formular un condicional que tenía a la primera como antecedente y a la segunda como consecuente. Y como descubrimos que el consecuente (es decir, la consecuencia observacional) no es verdadero, podemos por aplicación del *Modus Tollens* afirmar que la hipótesis tampoco lo es. Cuando se demuestra que una hipótesis no es verdadera, los científicos dicen que queda *refutada*.

Si pensamos a todo el proceso de refutación de una hipótesis como un razonamiento, su forma sería esta:

Si H1 entonces CO1

No es cierto que CO1

Por lo tanto, no es cierto que H1

Así, queda claro que la forma del razonamiento es un *Modus Tollens*:

Si A entonces B

No es cierto que B

Por lo tanto, no es cierto que A

Como vimos en las lecciones anteriores sobre lógica, se trata de una forma de razonamiento válida, esto es, una forma tal que si parte de premisas verdaderas alcanza necesariamente una conclusión verdadera. Así, en la refutación tenemos absoluta certeza de que si las premisas son verdaderas, su conclusión también lo es.

La contrastación de hipótesis a partir de la deducción de consecuencias observacionales y el ulterior testeo de estas con la experiencia es lo que se llama "método hipotético deductivo" ya que, como acaba de quedar claro, en ella reside un razonamiento deductivo.

Una buena manera de confirmar que no todos los cerebros de los mamíferos son iguales es entonces mostrando que la relación entre el tamaño del cerebro y la cantidad de neuronas no es proporcional. La Dra. Herculano-Houzel creyó que el mejor modo de hacerlo era comparar lo que sucedía con pares de cerebros de distintos tamaños pero de la misma familia de animales entre sí. Ella sostuvo que nos íbamos a encontrar con distribuciones muy distintas de neuronas. El inconveniente con el que se topó era que no

existía un método fiable para contar las neuronas y saber con exactitud cuántas hay. Así que la neurocientífica brasileña y su equipo debieron formular uno. El método que desarrolló el Laboratorio de Neuroanatomía comparada consiste en disolver el cerebro en detergente hasta conseguir una suerte de líquido –que llamaron “sopa”, por su parecido con la comida que odiaba Mafalda– en la que se habían destruido las membranas que dividían las neuronas pero se mantenían los núcleos celulares intactos. Entonces, esta sopa podía ser agitada para que su contenido se distribuya uniformemente y luego se podía tomar una pequeña muestra de ella, contar cuántos núcleos contiene y a partir de allí calcular cuántos hay en el contenido total de la sopa original, que no es otra cosa sino un cerebro completo descompuesto. Es un método simple, directo y rápido.

Ahora que sabían cómo contar neuronas, los integrantes del equipo del laboratorio compararon el cerebro de un roedor con el de un primate. En el caso del primero, descubrieron que los cerebros de roedores grandes tienen un promedio bajo de neuronas, lo que indica una densidad de neuronas por centímetro cúbico pequeña. Cuanto más chico el roedor, más pequeño será su cerebro y menor la cantidad de neuronas, lo que implica menos habilidades para desarrollar. En los primates, en cambio, encontraron cerebros con una densidad altísima de neuronas, ya que éstas tienen un tamaño menor que las de las ratas. Así, dieron por tierra con cualquier tipo de vínculo fijo que podamos hacer entre tamaño de cerebro y cantidad de neuronas: no se necesita un cerebro gigante para tener muchas más neuronas. El cerebro humano, por ejemplo, tiene 86 mil millones de neuronas en sus 1500 gramos. Si existiese una rata con esa cantidad de neuronas, sólo su cerebro debería pesar 36 kilos (y su cuerpo algo así como 89 toneladas). Queda claro, entonces, que no todos los cerebros de mamíferos son iguales. El nuestro, como el del resto de los primates, puede albergar un gran número de neuronas en un espacio reducido.

Concentrémonos ahora en esta puesta a prueba de la hipótesis propuesta por la Dra. Herculano-Houzel y su equipo. En este caso, la hipótesis a poner a prueba era que, efectivamente, los cerebros de los mamíferos no eran iguales, tal como se creía hasta entonces, sino que presentaban una distribución particular de neuronas. Llamaremos a esta hipótesis H2, para evitar confusiones con la hipótesis anterior:

H2: Los cerebros de mamíferos no tienen la misma distribución de neuronas.

Dada esta hipótesis, lo que cabía esperar era que la relación entre el tamaño del cerebro y la cantidad de neuronas no fuera proporcional como se creía. De modo más específico, en relación con los primates y roedores, cabía esperar que la relación entre el tamaño de sus cerebros y la cantidad de neuronas allí presentes no fuera proporcional, ni la misma, en uno y otro caso. Así, de H2 era posible deducir:

CO2: La cantidad de neuronas en los mamíferos analizados por el equipo de investigadores no será proporcional al tamaño del cerebro.

Para eso, decidió comparar los cerebros de roedores y primates con su método de la “sopa”. Como anticipamos, luego de realizar los experimentos correspondientes, las investigadoras e investigadores descubrieron que, si bien los cerebros de los roedores aumentaban la cantidad de neuronas a medida que aumenta el tamaño del cerebro; el aumento de tamaño es mayor que el incremento en la cantidad de neuronas, pues a medida que aumenta el tamaño del

cerebro, aumenta también el tamaño de las neuronas. Por su parte, las neuronas de los primates mantenían su tamaño al incrementarse su número. Esto indicaba que la cantidad proporcional de neuronas es diferente es uno y otro caso (tal como era de esperar de acuerdo con CO₂). Por lo tanto, parece razonable admitir que la distribución de las neuronas cambia en ambas órdenes de mamíferos, tal como H₂ sugiere.

Si pensamos esta contrastación en los términos lógicos que mencionamos hace un momento, su formulación sería:

*Si H₂ entonces CO₂*¹³

CO₂ es verdadera

H₂

¡La hipótesis 2 no queda refutada! Al contrario, se cumple la consecuencia observacional –que la cantidad de neuronas en relación con el tamaño de sus cerebros de roedores y primates es muy diferente- y por lo tanto nuestra hipótesis queda a salvo. Ahora bien, ¿esto quiere decir que la hipótesis es verdadera, que ha sido *verificada*? Aquí debemos ser cautos, porque necesitamos de la lógica como herramienta para entender si la verdad de la conclusión de este razonamiento está garantizada.

Cuando vemos la forma del razonamiento descubrimos que es una falacia de afirmación de consecuente:

Si A entonces

B

B

A

Al tratarse de un argumento inválido, no tenemos garantías de que H₂ sea verdadera. Tal como su forma indica, si la hipótesis implica la consecuencia observacional y ésta se cumple, no podemos inferir válidamente que la hipótesis sea verdadera. Si atendemos a la estructura de la contrastación de hipótesis, vemos que la falsedad de la consecuencia observacional nos permite inferir válidamente la falsedad de la hipótesis de la cual se dedujo. Sin embargo, la constatación de la CO no nos permite inferir válidamente la verdad de la hipótesis.

Esto es lo que se conoce como la *asimetría de la contrastación*: es lógicamente posible afirmar la falsedad de una hipótesis a partir de una consecuencia observacional gracias al *Modus Tollens* pero es imposible decir que es verdadera a partir de la verificación de su consecuencia observacional. Se suele llamar “refutación” al rechazo de una hipótesis como falsa y “verificación” a la prueba de su verdad. En estos términos, lo que la asimetría establece es que, desde un punto de vista lógico, no se puede verificar pero sí refutar. Problematizaremos esto en los siguientes capítulos, ya que en esta relación anidan muchas discusiones y reflexiones que acompañan a la actividad científica. Veremos que hay pensadores que ponen en duda si efectivamente la refutación es concluyente como se pretende y que hay distintos

¹³ Nuevamente tenemos este enunciado condicional, porque, como en el caso anterior, CO₂ ha sido deducida a partir de H₂. Y, precisamente, por haber sido deducida podemos afirmar la verdad de ese enunciado condicional.

modos de conceptualizar el resultado favorable de la contrastación. Si no se puede verificar quizá haya otros estados, como la *confirmación* o la *corroboración*, términos técnicos que analizaremos en su momento.

La asimetría de la contrastación tiene consecuencias muy importantes para la ciencia, que siempre deben ser tenidas en cuenta: no contamos con certezas sobre ninguna hipótesis científica. Podremos estar convencidos de su utilidad o de la función que cumplen en un esquema o modelo mayor, pero nunca podremos asegurar con absoluta seguridad que una hipótesis es verdadera. Aunque una teoría científica parezca robusta y poderosa, esconde una increíble fragilidad: en cualquier momento puede caer. Es por este motivo que mencionábamos algunos párrafos más arriba que todo enunciado científico es, en el fondo, un enunciado que aceptamos como verdadero hasta que se demuestre lo contrario.

Ahora que entendemos cabalmente que todo conocimiento científico es provisorio, ya que nunca podrá alcanzar la absoluta certeza que da un razonamiento deductivamente válido... ¿cambió nuestra percepción de la ciencia? ¿Seguimos creyendo que lo que asegura un científico tiene más valor que la opinión de otra persona? Desde publicidades de *shampoo* hasta cremas para el cutis, la publicidad suele argumentar con “estudios científicos” para alentarnos a que elijamos un producto sobre otro... ¿acaso la ciencia es una garantía infalible? Le dejamos al lector planteada la pregunta. En los próximos capítulos recorreremos algunas respuestas posibles.

El rol de las condiciones iniciales en la contrastación de hipótesis

Ahora que conocemos más sobre este proceso de puesta a prueba de hipótesis, es buen momento para introducir algunos elementos que hemos sugerido pero que ahora podemos desarrollar con mayor extensión. Además de la hipótesis, a la hora de contrastar o ponerla a prueba, partimos de ciertas condiciones, que llamaremos **Condiciones Iniciales**. En el caso de la Dra. Herculano-Houzel y su pregunta por si todos los cerebros de los mamíferos eran esencialmente iguales, por ejemplo, el punto de partida de la puesta a prueba fue que se habían realizado mediciones que mostraban que chimpancés y vacas tenían el cerebro del mismo tamaño.

CI1: Se mide el tamaño del cerebro de los chimpancés y de las vacas dando por resultado que tienen igual tamaño.

La contrastación o puesta a prueba de la hipótesis quedaría así: si todos los cerebros de mamíferos comparten la misma estructura y distribución de neuronas, y si los chimpancés y vacas que son estudiados tienen un cerebro de igual tamaño, entonces chimpancés y vacas tendrán las mismas habilidades cognitivas. Puesto en términos más claros:

Si (H1 y CI1) entonces CO1.

En esta reconstrucción, el uso de paréntesis nos sirve para entender que el antecedente del condicional consiste en la conjunción de H1 y CI1, mientras que su consecuente es CO1. Esto es de gran importancia y es relevante no perderlo de vista: la estructura de la que estamos hablando es un condicional que tiene como antecedente una conjunción.

La observación de la conducta de chimpancés y vacas nos lleva a entender que efectivamente sus capacidades cognitivas no son idénticas. La consecuencia observacional resulta ser falsa:

No es cierto que CO1

Esto llevó a la Dra. Herculano-Houzel a refutar H1, pero en realidad la situación es un poco más compleja. El proceso de refutación de una hipótesis con condiciones iniciales podría verse así:

Si (H1 y CI1) entonces CO1.

No es cierto que CO1.

Por lo tanto, no es cierto que (H1 y CI1)

En sentido estricto, aquello que queda refutado es un conjunto de enunciados formado por: la hipótesis principal y las condiciones iniciales, ambas puntos de partida para la derivación de las consecuencias observacionales. Más aún, como veremos en el siguiente apartado, la situación es aún más compleja.

El rol de las hipótesis auxiliares en la contrastación de hipótesis

Si bien el caso que estamos analizando es real, y la Dra. Herculano- Houzel aún hoy está trabajando en estos temas, para poder presentar de manera clara los contenidos que buscamos exponer en este capítulo hemos tenido que simplificar el esquema de la contrastación de hipótesis. Hemos partido de un esquema en donde únicamente intervenía la hipótesis principal y la consecuencia observacional, enriquecimos luego ese esquema con el agregado de las condiciones iniciales. Pero ahora podemos avanzar con otro elemento involucrado.

Advertimos que, en sentido estricto, CO1 (la consecuencia observacional) no se deducía de H1 (la hipótesis principal número 1). Como vimos en el apartado anterior, eran necesarias también condiciones iniciales. Además, como insinuamos anteriormente, era necesaria una hipótesis adicional, aquella que correlacionaba la cantidad de neuronas con las habilidades cognitivas exhibidas.

HA1: Las habilidades cognitivas están ligadas con la cantidad de neuronas.

Si atendemos a la hipótesis principal, ella trataba sobre el tamaño del cerebro mamífero y su cantidad de neuronas, mientras que la consecuencia observacional se refería a sus habilidades cognitivas ¿cómo es el veredicto en torno a las habilidades cognitivas tuvo impacto sobre el tamaño del cerebro y cantidad de neuronas? Precisamente porque se contaba con una hipótesis que establecía dicha conexión. Esta hipótesis fue presupuesta porque forma parte del corpus que los investigadores aceptan como conocimiento y su legitimidad no estaba en juego aquí. Se trata de una hipótesis que cuenta con apoyo independiente y previo; y que se la utiliza entonces en la contrastación. Este tipo de hipótesis suelen ser denominadas **hipótesis auxiliares**.

Los componentes que intervienen en la contrastación en este caso son:

H1: Todos los cerebros de mamíferos comparten la misma estructura.

CI1: Se mide el tamaño del cerebro de los chimpancés y de las vacas dando por resultado que tienen igual tamaño.

HA1: Las habilidades cognitivas están ligadas con la cantidad de neuronas. CO1: Los chimpancés y vacas analizados por el equipo de la doctora Herculano- Houzel tendrán las mismas habilidades cognitivas.

Y la contrastación puede reconstruirse ahora del siguiente modo:

Si (H1, CI1 y HA1) entonces CO1.

No es cierto que CO1.

Por lo tanto, no es cierto que (H1, CI1 y HA1)

Tal como podrá observarse, la contrastación deviene aquí en la refutación, ya no de H1, sino de la conjunción de H1 con CI1 y con HA1,

Algo similar se observa en el caso de la contrastación de H2. Tengamos en cuenta que a la hora de poner a prueba una hipótesis, en muchas ocasiones sólo hace falta comprobar si las consecuencias observacionales se cumplen o no mediante observaciones, como en el caso de H1, y en otros casos se necesita llevar adelante un experimento, como lo que sucedió con H2. Cuando se comparó la densidad de neuronas entre roedores y primates, por ejemplo, el equipo de la Universidad Federal de Río de Janeiro tuvo que desarrollar el método de la "sopa" para llevar un cálculo de la cantidad de neuronas presentes en un cerebro.

Esto significa que hay un nuevo elemento en juego, una hipótesis auxiliar que identificaremos con HA2 para diferenciarla de H2, que es nuestra hipótesis principal en este caso.

Recapitulemos:

H2: Los cerebros de mamíferos no tienen la misma distribución de neuronas.

HA2: La cantidad de neuronas se puede medir con el método de la sopa.

CI2: Se comparan los cerebros de pares de roedores y primates entre sí utilizando el método de la sopa.

CO2: La cantidad de neuronas en los mamíferos analizados por el equipo de investigadores no será proporcional al tamaño del cerebro.

Y ahora nuestro razonamiento de puesta a prueba de hipótesis será:

Si (H2, CI2 y HA2) entonces CO2

Es cierto que CO2

Por lo tanto, es cierto (H2, CI2 y HA2)

Es muy importante entender el cambio que ocurrió con la incorporación de la condición inicial y la hipótesis auxiliar, porque éstas ahora forman parte del antecedente del condicional de la

primera premisa y, por lo tanto, la conclusión también las incluye. Ya no se trata de refutar o confirmar a la hipótesis principal, sino a la conjunción de la hipótesis principal con las hipótesis auxiliares. No esto no es menor, ya que si, por ejemplo, el equipo brasileño hubiese encontrado en el experimento una consecuencia observacional que no coincidía con lo que esperaban, no estaba obligado a refutar la hipótesis principal, ya que lo refutado era la hipótesis principal en conjunción con la auxiliar y las condiciones iniciales. Hemos visto anteriormente que, para que una conjunción sea falsa, basta que uno de sus disyuntos sea falso. De modo que la refutación de esa conjunción, sólo implica que uno de los elementos que integran el conjunto: hipótesis, condiciones iniciales e hipótesis auxiliares, es falso. Nada dice sobre cuál lo es. De modo que por ejemplo, los científicos podrían haber responsabilizado y revisado el experimento o la fiabilidad del método de la sopa. En ese sentido, Los enunciados que acompañan a la hipótesis principal que se pone a prueba en el proceso de contrastación (condiciones iniciales e hipótesis auxiliares) son una suerte de “fusible”, que pueden ser cambiados para salvar a la hipótesis principal.

El rol de las hipótesis derivadas en la contrastación de hipótesis

Las hipótesis auxiliares, además, pueden unirse a la hipótesis principal para deducir de ellas otras hipótesis generales, que son conocidas como **hipótesis derivadas**. Son enunciados generales que, a diferencia de las hipótesis auxiliares, dependen de la hipótesis principal y que pueden ser muy útiles a la hora de ponerlas a prueba.

Recuperamos algo visto recientemente. Las dos HA que acabamos de mencionar son válidas.

HA1: Las habilidades cognitivas están ligadas con la cantidad de neuronas.

HA2: La cantidad de neuronas se puede medir con el método de la sopa.

Las hipótesis *ad-hoc*

Un último tipo de hipótesis son relevantes a la hora de entender, incluso en esta presentación sucinta, el método de contrastación. A pesar de que, como mencionamos, sólo basta una consecuencia observacional adversa para construir un *Modus Tollens* que ponga en jaque a la más formidable hipótesis, lo cierto es que los científicos suelen aferrarse a las ideas que postularon. Esto se debe a muchos motivos y quedará más claro sobre el final de este curso, pero podemos adelantar que los factores que inciden en la práctica científica son de índole variopinta y no hay laboratorios “inmunes” a ellos. Así, cuestiones personales, sociales, políticas y económicas pueden estar detrás de una hipótesis y es por eso que se quieran mantener como confirmadas a pesar de la evidencia en contra. En estos casos se suele recurrir a las **hipótesis *ad hoc***, hipótesis formuladas con el único propósito de salvar a la hipótesis principal de la refutación. Son hipótesis que buscan invalidar ciertas evidencias o anular otras hipótesis auxiliares en juego. Como hay tantos elementos en juego, las hipótesis *ad hoc* van al rescate de la principal y sugieren que son los otros elementos los que nos llevan a la idea errada de que están equivocados.

La Dra. Herculano-Houzel podría haber enfrentado, por ejemplo, la oposición de colegas al inicio de su investigación asegurándole que los cerebros de los mamíferos eran todos

esencialmente iguales pero que las vacas tenían facultades únicas que no podían ser medidas por los canales habituales, ya que su cerebro era “especial”, “diferente al resto”, “único”. Estos supuestos detractores podrían haber sostenido que las vacas son mucho más habilidosas e inteligentes de lo que creemos, sólo que nosotros no podemos acreditarlo en un laboratorio porque son conductas altamente elevadas pero desconocidas para nosotros por el tipo de cerebro. Con esta hipótesis *ad hoc*, los científicos se aseguraban que su hipótesis principal no fuese refutada.

Más cerca de entender el misterio de nuestro cerebro

Volvamos al interrogante original que quería responder la Dra. Herculano-Houzel: cuánta energía consume a diario nuestro cerebro. Su sospecha, y la de su equipo, era que se trata de un número muy alto. Si esto es así, se genera otra pregunta: de dónde obteníamos esa cantidad de calorías, ya que nuestra alimentación no parece diferir mucho de la de otros mamíferos sino que, incluso, es en ocasiones menor. El costo energético de una neurona fue determinado hace tiempo por otros investigadores, 6 calorías diarias por cada mil millones de neuronas. Por lo que la neurocientífica sólo tuvo que aplicar ese cálculo al flamante número de neuronas que ahora sabemos que tiene nuestro cerebro. Y la cifra, superior a las 500 calorías diarias, la sorprendió, porque el cerebro sólo representa el 2% de nuestro cuerpo pero utiliza el 25% de toda la energía disponible. En una dieta de 2000 calorías diarias, el cerebro necesita un cuarto de ellas para funcionar. ¿De dónde obtenemos tanta energía? Un orangután necesita alimentarse por al menos 8 horas y media con hojas y frutas para obtener las calorías necesarias para alimentar su cuerpo, incluyendo las 53 mil millones de neuronas de su cerebro. Es por eso que no podría tener un cerebro mayor a pesar de su gran tamaño: las neuronas gastan tanta energía que se vuelve muy costoso mantenerlas.

Lo que inquietó a la Dra. Herculano-Houzel y su equipo es cómo explicar entonces cómo se cubre el gasto energético que insume el cerebro humano. De acuerdo a sus cálculos, se necesitarían más de 9 horas diarias de alimentación como las de un gorila para conseguir las calorías que requieren nuestras 85 mil millones de neuronas en un cuerpo de entre 60 y 70 kilos promedio.

La Dra. Herculano-Houzel y su equipo formularon una hipótesis para explicar cómo es que nuestro cerebro consume tanta energía pero los seres humanos no pasamos horas y horas de nuestro día comiendo para poder obtenerla. La clave está en la dieta: el resto de los primates consume hojas y frutas crudas en su ambiente natural, mientras que nosotros contamos una herramienta increíble: la cocina. Cocinar los alimentos permite que podamos sacar más energía de ellos. El fuego consigue que nos alimentemos con productos que ya han sido pre-digeridos fuera de nuestro cuerpo, son más suaves y fáciles de masticar, maximizando su digestión y eliminando sustancias nocivas. Cocinar nos permite ahorrar tiempo y obtener una cantidad mucho mayor de energía de los mismos alimentos que tienen al alcance los animales.

Investigaciones provenientes de la antropología brindaron más apoyo a la hipótesis: se cree que la cocción de alimentos nació hace un millón y medio de años, un momento a partir del cual nuestros antepasados biológicos comenzaron a separarse de los otros primates. Gracias a la cocina, nuestro cerebro peligrosamente cargado de neuronas que lo volvían tan demandante de energías pudo volverse nuestro aliado.

La explicación científica

Por último, consideraremos una última cuestión, la de la explicación científica. El término

explicar tiene diversos usos correspondientes a diferentes contextos discursivos. Sin embargo, existe cierto consenso acerca de que una explicación científica es aquella que responde a la pregunta de *¿por qué?* en relación con algún fenómeno. Así por ejemplo: *¿por qué hirvió el agua al ser calentada?*, *¿por qué retrogradó Marte?*, *¿por qué los cuerpos caen con igual aceleración?*, *¿por qué las jirafas tienen el cuello largo?*, *¿por qué se extinguieron los dinosaurios?*, *¿por qué los hijos se parecen a su madre o a su padre?*, *¿por qué subió el precio de la carne?*, *¿por qué se desató la Guerra de la Triple Alianza?*, *¿por qué la prohibición del incesto es tan recurrente en los grupos humanos?*, *¿por qué los seres humanos nos reunimos en sociedad?* Ofrecer una explicación es dar respuesta a tales interrogantes.

Ya en la antigüedad los filósofos griegos concibieron la ciencia como proveedora de explicaciones, sin embargo, la conceptualización de la explicación y de la predicción como objetivos privilegiados de la actividad científica es característica de la denominada *filosofía clásica de la ciencia*. El objetivo de la ciencia, de acuerdo con esta corriente, es la elaboración de teorías cuyos enunciados puedan emplearse para fines explicativos –es decir, para dar cuenta de los fenómenos ocurridos en el mundo– y predictivos –para anticipar hechos futuros.

El concepto de *explicación científica* ocupa un lugar central dentro de los problemas clásicos de la filosofía de la ciencia. ¿En qué consiste una explicación genuinamente científica? Se han ofrecido distintas respuestas a aquella pregunta y suele conceptualizarse a cada una de esas respuestas como un *modelo de explicación* diferente. En lo que sigue examinaremos, en primer lugar, el denominado *modelo de cobertura legal* que se formula desde la filosofía clásica; más adelante, en el material de lectura presentaremos un modelo de explicación alternativo: la explicación por mecanismos de Jon Elster y una discusión de la búsqueda misma de explicaciones en ciencias.

A modo de conclusión

Hemos recorrido los inicios de la filosofía de la ciencia de la mano del empirismo lógico. Posiblemente ya nadie defiende esa posición, pero muchos de las cuestiones planteadas por esa corriente siguen teniendo vigencia hoy en día. Más aún, las categorías y distinciones que hemos presentado son parte de la jerga filosófica y científica.

Por ejemplo, veremos en los próximos capítulos que esta demarcación entre ciencia y pseudociencia resultó crucial y controversial para muchas filósofas. Sin embargo, hoy podríamos pensar que la discusión no es relevante. La ciencia está institucionalizada, hay organismos que la financian, hay universidades que la enseñan y planes de estudio que las organizan. Sin embargo, aún hoy existen controversias que tienen un impacto, no solo teórico, sino educativo y político. Por ejemplo, aún hoy existen discusiones en el ámbito educativo en relación con el estatus científico del creacionismo. ¿Qué se ha de enseñar y qué no? ¿Por qué? La respuesta suele ser que se debe enseñar evolucionismo porque es una teoría científica mientras que el creacionismo consiste en una creencia religiosa. De modo semejante, la mayor parte de la investigación que se desarrolla en la Argentina está financiada por el Estado. La pregunta obligada que surge es *¿qué investigaciones se han de financiar? ¿Por qué?*

En el material de lectura siguiente veremos dos líneas de respuestas alternativas a estas cuestiones. En primer lugar, presentaremos las respuestas que el mismo empirismo lógico formula. En segundo lugar, consideremos la de uno de sus críticos: Karl Popper, referente de la posición falsacionista en filosofía de las ciencias. Si bien el empirismo lógico y el falsacionismo se distancian en varias de las respuestas que ofrecen a las preguntas aquí

formuladas, coinciden en un aspecto importante: creen que estas son el tipo de cuestiones que han de ocupar a la filosofía de las ciencias. Por eso suele incluirse a ambas corrientes bajo el rótulo “filosofía clásica de la ciencia”.

Más adelante presentaremos una visión crítica de esta aproximación clásica. Tal como podremos notar allí, la objeción central radica en que este enfoque clásico desatiende a la historia de la ciencia y se centra únicamente en aspectos lógicos y metodológicos. La filosofía de la ciencia debe ser informada con comprensión de contexto social e histórico de la ciencia. No se trata de respuestas alternativas a las mismas preguntas. Los problemas a tratar, el modo de abordarlos y las herramientas para hacerlo, cambian drásticamente desde esta nueva aproximación filosófica a la ciencia.