

Esther Díaz
(editora)

LA POSCIENCIA

EL-CONOCIMIENTO CIENTÍFICO
EN LAS POSTRIMERÍAS
DE LA MODERNIDAD

Susana de Luque

Esther Díaz

Mónica Giardina

Antonio Gutiérrez

María Cristina Gracia

Eduardo Laso

Enrique Moralejo

Rubén H. Pardo

Silvia Rivera

Juan Samaja

Editorial Biblos

LOS MÉTODOS DE VALIDACIÓN EN CIENCIAS NATURALES

Eduardo Laso

Cuando hablamos de "conocimiento científico", aludimos a un determinado tipo de conocimiento que consideramos racional, fundamentado y confiable. Pero ¿qué es lo que define este conocimiento como "científico"? ¿qué lo diferencia de otros modos de conocimiento, como el intuitivo, el filosófico o el místico-religioso? Desde la perspectiva epistemológica tradicional, la respuesta a esta pregunta es: el método científico, vale decir, el conjunto de pasos y procedimientos empleados por los investigadores para producir y fundamentar este saber.

El término 'método' proviene del griego y significa etimológicamente "camino". Disponer de un método implica seguir cierto camino para alcanzar determinado fin. En el caso de la ciencia, el fin es la producción de un conocimiento veraz, confiable y fundamentado acerca de la realidad. Son entonces estas condiciones especiales de producción de saber—llamadas genéricamente con el nombre "método científico"—las que se considera que le otorgan carácter de científicidad. Es científico aquel conocimiento que se produce y justifica siguiendo los pasos de ese método.

Esta respuesta supone pasar a los problemas:

1. determinar qué define la "cientificidad" del método, y
2. establecer los pasos en virtud de los que se obtendría un conocimiento confiable.

Respecto del primer problema, se cae en una aparente circularidad: el conocimiento será científico en tanto sea elaborado de una cierta manera, que es aquella que propone el método de la ciencia.¹ Pero ¿por

1. Mario Bunge sostiene que para que un trozo de saber merezca ser llamado "científico" no basta—ni siquiera es necesario—que sea verdadero. Debemos saber, en cambio, cómo hemos llegado a saber, o a presumir, que el enunciado en cuestión es verdadero. Véase M. Bunge, *La ciencia, su método y su filosofía*. Buenos Aires, Siglo Veintiuno. 1972.

qué los pasos del método darian carácter de cientificidad al conocimiento así producido? ¿Y cuáles son esos pasos?

Esta segunda cuestión lleva al seno de un debate en torno de la definición de lo que sería el método propio de la ciencia, así como al problema de si dentro de la práctica científica hay un método en particular o hay más de uno. Debate en el que, dentro de la epistemología de tradición anglosajona, se enfrentaron posiciones inductivistas y deductivistas. Más allá de ese debate, se puede caracterizar la manera de pensar la ciencia desde la epistemología tradicional como "cientificista", vale decir, como una concepción de la ciencia que la restringe a un solo tipo de práctica científica, aquella que se sujeta rigurosamente a los pasos del "método científico" (sea éste inductivista o deductivista), idealizando su capacidad de producir de este modo un conocimiento "objetivo" e ignorando los límites y determinaciones de la práctica científica misma (sean históricos, ideológicos o políticos).

¿Por qué el conjunto de pasos del método científico nos proveería de un conocimiento racional, fundamentado y confiable? Se supone que lo propio del método científico es proporcionar mediante sus pasos un conocimiento que puede ser transmitido de cualquier persona a otra.² El método científico somete a terceros las razones y evidencias que ofrece, y en esto radicaría su capacidad persuasiva de acreditar como tal lo que será considerado un conocimiento confiable, racional y justificable, en tanto transmite las evidencias de lo que afirma. Evidencias a las que cualquiera podría acceder, constatar y evaluar críticamente, apreciando lo exacto de las observaciones hechas y lo plausible de las conclusiones de allí derivadas. De ese modo ofrece una imagen de solidez e imparcialidad del saber obtenido, puesto que se supone que cualquiera puede controlar lo que la ciencia afirma y repetir por su cuenta lo expuesto, confiando en sus propios sentidos y razón, como si no tuviese que aceptar nada más que el fallo de la realidad contrastada.

Tal es la ilusión desde donde históricamente la ciencia ganó adeptos a partir de la modernidad. Se trata, en efecto, de una ilusión persuasiva, en tanto no es cierto que cualquiera pueda poner a prueba y evaluar el conocimiento científico y sus evidencias. Si bien el conocimiento cien-

2. Los pasos principales que se incluyen en todas las propuestas metodológicas tradicionales que veremos a continuación (más allá del orden y prioridad que se les asigne) son: observación de los hechos, su descripción y medición, la generalización a partir de los mismos, la propuesta de hipótesis explicativas de los hechos aceptados, la comprobación o refutación de las mismas mediante consecuencias observacionales deducidas de las hipótesis, la predicción de sucesos a partir de las explicaciones propuestas y el rechazo de las proposiciones que no se hayan obtenido o confirmado de este modo.

tífico es transmisible y ofrece evidencias que pueden ser evaluadas por terceros, no cualquiera sin embargo puede realizar tal evaluación. El discurso de la ciencia es altamente complejo y especializado, y las evidencias que provee sólo pueden ser interpretadas por especialistas, es decir, sólo por personas que puedan entender el significado de los símbolos utilizados por la ciencia y efectuar las operaciones descritas por ella. Esto supone que quien reciba la transmisión de los conocimientos científicos debe estar capacitado previamente para aprehender símbolos y efectuar operaciones dentro de la ciencia, lo que ya implica que no tenga una posición de tercero imparcial sino que sea otro científico, es decir, alguien ya persuadido de las virtudes de la ciencia misma. La supuesta universalidad de las conclusiones de la ciencia requiere entonces de esta condición antecedente: que a aquel tercero, para que vea algo determinado que la ciencia afirma, se lo ponga antes en condiciones de verlo (o sea, se lo entrene para ver lo mismo).

Frente a una imagen de tomografía computada, por ejemplo, no ve lo mismo un lego que un especialista. Lo que para el primero es un conjunto de manchas de colores, puede representar para el experto un derrame cerebral. Las imágenes espectrales de la luz de una estrella no le revelan nada a quien no ha estudiado astronomía, pero son datos significativos para el astrónomo que busca pruebas de la expansión del universo. Lo que vemos depende de los conceptos que traemos para interpretar nuestra experiencia. No se trata de ver lo que está objetivamente allí sino de aprender a ver de cierta manera lo que la realidad exterior ofrece, a partir de hipótesis (supuestos) y preconceptos que la comunidad científica ha legitimado como conocimiento sólido.

Por eso el conocimiento producido por el método científico no es un mero resultado del mismo sino de la relación del método con el marco teórico desde donde se entiende y emplea el método. Método que está siempre confundido con conceptos, valores y teorías que se sirven de él y con los que los conocimientos se elaboran. La observación, descripción y medición de ciertos hechos no es independiente de la matriz teórica desde donde se recorta la realidad considerada. Así, por ejemplo, antes de Galileo, la física medieval no consideraba los hechos desde el cálculo formal, si bien se realizaban observaciones, descripciones y mediciones. El modo de determinación medieval de los hechos en tanto observables y medibles es diferente del modo como lo hace la ciencia moderna. Lo que ha variado entre una forma y otra de concebir el universo físico es la matriz teórica desde donde recortar e interpretar lo observado. Para la física moderna, determinar cosas es definirlas en términos de masas y fuerzas medibles cuantitativamente dentro de un espacio-tiempo. No así para los medievales, que consideraban los aspectos cualitativos singulares de las cosas.

La tradición científicista desconoce estas consideraciones, entronizando de esta manera en el seno de la práctica científica un determinado marco teórico empirista y naturalista desde donde se interpretan los hechos y se convalidan o rechazan teorías en función de una supuesta neutralidad de enunciados observacionales "objetivos".³ Al desconocer que los hechos no son dados sino contruidos a partir de ciertos datos reales, privilegia cierto modo de interpretar la realidad a la que hace pasar como "natural" y "objetiva". Sobre la base de uniformizar la experiencia, se pretende unificar los diferentes procedimientos de los científicos en torno de un solo método, apoyándose en una interpretación única de la realidad reducida a enunciados protocolares supuestamente verdaderos, con los cuales se realiza el procedimiento de contrastación de las teorías.

Hay dos modos usuales de entender el método científico desde la concepción heredada en epistemología: como modelo y como marco normativo.⁴

- Como modelo: se considera el método como un modelo ideal obtenido a partir de los rasgos constantes y comunes de la práctica científica. Tal modelo permite corregir las desviaciones y así regular las acciones de los científicos. Sin embargo, la práctica concreta de las investigaciones científicas no presenta una continuidad con los pasos que tradicionalmente se definen como propios del método científico. No se observa una estricta homologación entre las observaciones, descripciones, hipótesis y contrastaciones siguiéndose unas de otras, como proponen el método y las acciones de los científicos en su práctica. No es que el método proponga un tipo ideal de la práctica científica existente sino que más bien crea la ficción de una práctica científica que no coincide plenamente en la realidad.
- Como marco normativo: el método es considerado como una norma que regla la práctica científica y que posibilita producir un conocimiento racional y confiable. Por lo tanto, en su práctica el científico debe aferrarse a él escrupulosamente. El método propondría al investigador los procedimientos a los que debe sujetarse para producir conocimiento considerado científico. No se trata en esta perspectiva

3. Llamamos "enunciados observacionales" a aquellas proposiciones singulares que describen hechos particulares ocurridos en determinado tiempo y lugar, y que fueron observados y registrados por el investigador.

4. Para la noción de "concepción heredada", véase el primer capítulo de este libro.

de que el método dé cuenta de los procedimientos de los científicos sino más bien de plantearles a los científicos cómo deben ser sus procedimientos, por ser considerados éstos una garantía *per se* de científicidad. Es el caso, por ejemplo, del falsacionismo.⁵ El principal problema de este punto de vista es que la realización de observaciones, mediciones, deducciones y verificaciones no garantiza por sí misma un conocimiento racional, fundado y confiable. El método científico puede ser enunciado abstractamente en sus procedimientos, pero cuando se lo aplica siempre aparece mezclado con conceptos, hipótesis y valores. Estos últimos, y no el método en sí mismo, son los que determinan el producto llamado "conocimiento científico". Por ejemplo, las investigaciones conductistas en psicología ya presuponen, antes de la realización de observaciones y experimentos, que la conducta del ser humano es explicable en términos de procesos de estímulo-respuesta que pueden pautarse y reproducirse. Tal presupuesto orienta inevitablemente la recolección de datos, la realización de experimentos y la elaboración de conclusiones.

En lo que sigue veremos las propuestas metodológicas inductivistas y deductivistas, así como sus problemas y limitaciones.

1. INDUCCIONES Y DEDUCCIONES

Nuestro saber puede ser extendido por medio del razonamiento, er tanto las cosas que conocemos nos dan razones para afirmar nuevos conocimientos. Hay dos formas fundamentales de razonamiento: e deductivo y el inductivo.

La inducción es un razonamiento que generaliza, a partir de proposiciones singulares o particulares, un enunciado universal. En este tipo de razonamiento las razones para justificar la conclusión no son concluyentes, aunque aportan elementos en favor de la misma, por lo cual la conclusión es considerada probable mas no necesaria. Su forma lógica es:

5. En este mismo capítulo se trata el falsacionismo.

A_1 es B	
A_2 es B	
A_3 es B	
A_4 es B	Premisas: enunciados singulares
A_5 es B	
....	
A_n es B	
Todo A es B	Conclusión: enunciado universal

Este tipo de razonamiento presenta ventajas y desventajas. Por un lado, permite obtener, a partir de la información contenida en las premisas, una conclusión que posee más información que la que se tenía previamente. Pero, por otro lado, la conclusión a la que se llega no es necesaria ni concluyente sino tan sólo probable. Si bien las premisas del razonamiento pueden ser verdaderas, no se deduce necesariamente que la conclusión universal lo sea. Lo que equivale a decir que los razonamientos inductivos son inválidos.

El razonamiento de tipo deductivo se caracteriza porque sus conclusiones no agregan más información que la contenida en las premisas. Estos razonamientos pueden ser válidos o inválidos (falacias). Los razonamientos deductivos válidos justifican de manera concluyente la proposición deducida de sus premisas. Que sea concluyente quiere decir que es imposible, a menos que caigamos en contradicción, que las premisas que constituyen nuestras razones sean verdaderas y la conclusión que extraemos de ellas sea falsa. Cuando no sucede tal cosa, el razonamiento deductivo es inválido.

	1	2	3	4
Premisas	V	V	F	F
Conclusión	V	F	V	F

En este cuadro, en el lugar asignado a las premisas, se sintetiza con una V cuando todas las premisas de una forma de razonamiento son verdaderas, y con una F cuando existe por lo menos una premisa falsa o cuando todas las premisas son falsas. Vemos las tres posibilidades de combinación entre premisas y conclusión que incluye el razonamiento deductivo válido, no siendo posible el caso 2, dado que de premisas verdaderas no pueden concluirse proposiciones falsas. Los razonamientos deductivos válidos garantizan que si las premisas son verdaderas, la conclusión será también necesariamente verdadera (1), eliminando la

posibilidad de concluir una falsedad a partir de premisas verdaderas (2). Pero, en cambio, la falsedad de las premisas no informa nada acerca del valor de verdad de la conclusión. Lo que implica que a partir de premisas falsas pueden obtenerse conclusiones verdaderas (3) o falsas (4). Como tampoco la verdad de la conclusión garantiza la verdad de las premisas: éstas pueden ser verdaderas (1) o falsas (3). Como se ve más adelante, esta característica de los razonamientos válidos tiene implicancias significativas en la instrumentación de los métodos de validación en ciencias fácticas.

Ejemplos de razonamientos deductivos válidos son el *modus ponens* y el *modus tollens*.

Modus ponens

Si p entonces q
p
Entonces q

Modus tollens

Si p entonces q
no q
Entonces no p

En los razonamientos deductivos inválidos, o falacias, la conclusión no se deduce necesariamente de las premisas. Por lo tanto, en estos razonamientos se puede dar el caso 2 de que tengamos premisas verdaderas y conclusión falsa, dado que el razonamiento es incorrecto. Ejemplos de razonamientos deductivos inválidos son la falacia de afirmación del consecuente y la falacia de negación del antecedente:

Falacia de afirmación del consecuente

Si p entonces q
q
Entonces p

Falacia de negación del antecedente

Si p entonces q
no p
Entonces no q

Partiendo de estos esquemas formales, se pueden emplear estas estructuras en los métodos de investigación científica. Algunos de estos razonamientos configuran la armazón lógica de esos procedimientos metodológicos. Obviamente, por tratarse de métodos aplicados a las ciencias fácticas, las estructuras lógicas solas no alcanzan para fundamentar hipótesis que tienen como referente a la experiencia. La validez de la deducción, por sí sola, no es fuente de enunciados verdaderos acerca de la realidad. Para aceptar las hipótesis científicas se requiere, además de la coherencia lógica, el apoyo de la base empírica. Lo cual nos

conduce al problema de cómo establecer y justificar las hipótesis y teorías científicas. La concepción heredada se ha debatido en torno de dos respuestas a este problema: el método inductivo y el hipotético-deductivo.

2. EL MÉTODO INDUCTIVO

Podemos encontrar en la obra de Aristóteles la inducción como procedimiento para la obtención de conocimientos. Aristóteles entiende la inducción como el proceso mental por el cual se identifica un carácter o relación universal a partir de un caso o suceso singular. Postula una inducción perfecta o completa, que es aquella en la que se infiere una proposición universal mediante una enumeración exhaustiva de todos los casos que es posible subsumir en ella. Pero rara vez nos encontramos en condiciones de establecer una proposición general por inducción completa, puesto que el número de casos abarcados por un enunciado general es demasiado grande o indeterminable en el espacio y el tiempo. Hay clases que tienen un número indefinido de miembros posibles (por ejemplo, los átomos, las células, las estrellas, los virus). Y el interés de la ciencia es descubrir la base para una generalización cuando los casos examinados no constituyen todos los casos posibles.

En el siglo XVII y a partir del *Novum Organum* de Francis Bacon, la inducción pasa a considerarse el método por el cual la ciencia elabora sus conocimientos. El método inductivo que propone este pensador se basa en una generalización por la cual se establecen afirmaciones sobre todos los objetos de una clase a partir de un número determinado de ejemplos previamente seleccionados. Para Bacon, las reglas para investigar y descubrir la verdad consisten en construir enunciados a partir de los sentidos y casos particulares, ascendiendo gradualmente hasta las leyes más generales.

En los comienzos del siglo XX las corrientes epistemológicas representadas por la concepción heredada le dan nuevo impulso al inductivismo. El programa que proponen para la ciencia consiste en mostrar cómo las teorías científicas pueden justificarse sobre la base de enunciados observacionales que describan hechos captados mediante la experiencia. Para ello, distinguen entre aquellos enunciados que describen hechos observados (enunciados básicos o protocolares) y las generalizaciones e hipótesis científicas inferidas a partir de ellos. Los enunciados observacionales son considerados la base segura de las teorías.

Y estos enunciados básicos son en última instancia creencias relativas a nuestra experiencia inmediata. Con lo cual el inductivismo suscribe al punto de vista del empirismo de que todo nuestro conocimiento deriva de la experiencia. Se supone que los enunciados observacionales obtenidos de experiencias son infalibles y no requieren ser justificados por ser enunciados verdaderos que describen hechos captados por el investigador. En síntesis, el método inductivista concibe la ciencia como conocimiento derivado de la experiencia.

El razonamiento inductivo, aplicado a la investigación científica como base formal del método inductivo, generaliza, a partir de unos pocos casos o muestras, las características o relaciones de toda una clase de objetos o hechos. Su forma típica consiste en el empleo de cierto número de ejemplos o casos particulares para justificar una generalización empírica. En este procedimiento las razones para justificar la generalización no son concluyentes, aunque aportan elementos en favor de ella. La conclusión obtenida de esta manera es considerada probable mas no necesaria. Si, por ejemplo, observo que Juan, Pedro y Carlos están enfermos de X enfermedad, y mediante el uso de la medicación M logran curarse, puede inferirse que todos los pacientes que sufran de la enfermedad X podrán curarse del mismo modo. El procedimiento sería:

Juan tuvo la enfermedad X y se curó con la medicación M
Pedro tuvo la enfermedad X y se curó con la medicación M
Carlos tuvo la enfermedad X y se curó con la medicación M

Todos aquellos que tengan la enfermedad X se curarán con la medicación M

En este ejemplo, la probabilidad de que la conclusión sea correcta depende de que los casos que contienen las premisas constituyan una muestra típica representativa de la clase de los afectados por la enfermedad X. De lo contrario, de configurar un grupo especial con algún rasgo común entre ellos que hace que la medicación M sea eficaz, la generalización ya no sería verdadera. Pero eso supone agregar otra hipótesis que requiere ser justificada: aquella que sostiene que Juan, Pedro y Carlos son casos representativos típicos de los sujetos que contraen la enfermedad X.

La evidencia que aporta una inducción para justificar la conclusión es lógicamente insuficiente, dado que desde el punto de vista formal no se puede asegurar con carácter necesario la verdad de un enunciado universal partiendo de un número limitado de casos particulares. Si bien las premisas del razonamiento pueden ser verdaderas, no se dedu-

ce necesariamente que la conclusión universal lo sea. Lo que equivale a decir que, dado que los razonamientos inductivos son inválidos, siempre cabe la posibilidad de que en el futuro aparezca alguna evidencia que hasta ese momento no se había considerado y que muestre que la conclusión universal era falsa.

Es justamente este obstáculo lógico (¿cómo afirmar la verdad de enunciados generales basándonos en un número limitado de enunciados singulares?) lo que llevó a los inductivistas a proponer condiciones especiales para generalizar, que legitimaran las inferencias basadas en observaciones. Tales condiciones son:

1. El número de enunciados observacionales obtenidos que sirve de base a las inducciones debe ser grande. La observación de un solo caso no nos permite concluir lícitamente que todos los casos vayan a ser iguales. Si observo que una barra de hierro es conductora de electricidad, eso no me permite concluir que todos los metales lo sean también: tal vez sea una propiedad sólo de esa barra de hierro, o quizá observamos una coincidencia casual entre dos fenómenos que no poseen conexión alguna (la barra de hierro y la conducción de electricidad). Sólo si contamos con una cantidad significativamente grande de casos es posible asegurar que las relaciones que observamos entre los fenómenos presentan alguna regularidad no atribuible al azar, y entonces se puede generalizar.
2. Las observaciones realizadas deben repetirse variando las condiciones de observación. Si se realizara un gran número de observaciones pero sin cambiar ningún factor interviniente, es evidente que tendríamos la misma observación repetida muchas veces, lo cual no nos permite aprender nada nuevo acerca de la realidad. De ahí la importancia de variar los factores que intervienen en el fenómeno estudiado, de modo de determinar si en tales variaciones se mantiene alguna relación constante.
3. Ninguno de los enunciados observacionales obtenidos debe contradecir la ley general que se va a inferir. Esta condición es básica, pues si el investigador encuentra un caso que es una excepción a la posible generalización, ya no está justificado generalizar. Para poder enunciar la ley general "todos los metales son conductores de electricidad" no debe presentarse ningún caso de metal que no sea conductor.

Los pasos que propone el método son los siguientes:

1. Observación de todos los hechos, sin seleccionarlos ni hacer conjeturas a priori acerca de su relevancia. El científico comienza sus inves-

tigaciones observando los hechos que la realidad le ofrece y hace un registro de ellos. Se supone que las observaciones que realiza dan cuenta de las características de los hechos que se observan, sin que se pongan en juego supuestos o preconcepciones del científico que pudieran comprometer la objetividad de la investigación. En el proceso de observación, el científico parte de los datos que recoge de la realidad, sin ninguna hipótesis previa ni ideas preconcebidas.

2. Registro de todo lo observado. El registro de las observaciones implica la traducción de los datos obtenidos por experiencia en proposiciones que los describan. Tales enunciados singulares son los enunciados observacionales o protocolares, considerados verdaderos por haber sido obtenidos directamente de los hechos que el científico comprobó en sus observaciones.
3. Análisis, comparación y clasificación de los hechos observados y registrados. El científico establece un ordenamiento de los datos obtenidos en vistas a descubrir analogías entre los hechos que investiga.
4. Generalizaciones empíricas referentes a las relaciones entre los hechos, sean éstas clasificatorias o causales. A partir de haber registrado un gran número de casos, en condiciones de observación variadas, y no haber encontrado enunciados observacionales que pudieran contradecir la conclusión, el científico puede legítimamente –si bien no válidamente, dado que el procedimiento es inválido desde el punto de vista lógico– realizar una generalización inductiva a partir de las relaciones descubiertas en los datos obtenidos y postular una ley general que abarque todos los casos (los observados y los que en el futuro pudieran observarse).
5. Realización de inferencias partiendo de las generalizaciones establecidas. Éstas permiten una contrastación de las generalizaciones. La ley obtenida por inducción le posibilita al científico obtener mediante inferencias explicaciones y predicciones de hechos, los que a su vez suponen una puesta a prueba de la validez de la ley. Si, por ejemplo, hemos podido establecer a partir de generalizaciones de diversos casos que todos los metales son conductores de electricidad, podemos inferir que si tomamos un trozo de hierro, éste tendrá que ser conductor de electricidad, dado que es un metal. Y si comprobamos tal predicción, la observación resultante convalida la ley que habíamos establecido. O, retomando el ejemplo del comienzo, si hemos establecido mediante investigaciones de numerosos casos que la medicación M cura la enfermedad X y encontramos que la paciente Susana padece esa enfermedad, podemos inferir que si le administramos la medicación X va a sanar. Y en caso de que efectivamente se produzca su curación mediante ese tratamiento, la ley general en

la que nos basamos para hacer la predicción habrá ganado más evidencias que la avalan.

Las tesis básicas del inductivismo son las siguientes:

1. La investigación científica comienza por la observación, sin hipótesis previas.
2. La observación es la base segura de la ciencia.
3. Las hipótesis se obtienen por inducción a partir de los enunciados observacionales.
4. El método inductivo se apoya en el llamado "principio de inducción", que se puede enunciar de la siguiente manera: "Si en una amplia variedad de condiciones se observa una gran cantidad de A, y si todos los A observados poseen la propiedad B, entonces todos los A tienen la propiedad B".
5. Las condiciones de generalización garantizan la obtención de leyes científicas seguras.
6. El conocimiento de la ciencia progresa de manera continua, acumulativa y ascendente, puesto que a medida que aumenta la base de datos observados se obtienen leyes y teorías de mayor generalidad y alcance.

2.1. Críticas y problemas del método

Insalvable invalidez del razonamiento inductivo: desde el punto de vista lógico es un error suponer que aquello que caracteriza a los casos observados de una clase es necesariamente verdadero para todos los miembros posibles de la misma. El razonamiento inductivo es lógicamente inválido. La mera acumulación de algunos casos verificadores no es un elemento de juicio suficiente que garantice la verdad de las generalizaciones, que afirman algo acerca de todos los casos posibles. Y ninguna condición para generalizar propuesta por los defensores del método (gran cantidad de casos observados, variación de las condiciones de observación) resuelve el problema del salto ilógico que la inducción produce desde casos singulares constatados a la afirmación de un enunciado universal. Por muy grande que sea el número de casos observados, siempre existe la posibilidad de que se presenten casos futuros que contradigan la ley general que se pretendía segura. De ahí que la imposibilidad de establecer categóricamente la verdad de las leyes científicas a partir de un determinado número de casos haya llevado a los inductivistas al problema de cómo poder aumentar, en todo caso, la probabi-

lidad de verdad de las proposiciones universales establecidas mediante inducción.

El problema de la probabilidad de las conclusiones: ante la dificultad antes señalada, los inductivistas han intentado argumentar que las conclusiones obtenidas por inducción, si bien no son verdaderas concluyentemente, son probablemente verdaderas, siendo su grado de probabilidad directamente proporcional al mayor número de observaciones que la apoyen. Este argumento parece persuasivo, pues intuitivamente tendemos a creer que si aumentamos las evidencias que apoyan una generalización, ésta será más probablemente verdadera. Pero ocurre que el aumento del apoyo observacional de una ley científica no implica el aumento de la probabilidad de su verdad, dado que la ley, al ser un enunciado universal, abarca un infinito número de casos.

Según la teoría del cálculo de probabilidades, para determinar con precisión el grado de probabilidad de verdad de una ley se debe obtener el cociente entre el número de casos tomados y el número total de casos que abarca la ley, lo que dará como resultado el número fraccionario que indica el grado de probabilidad. Tal número estará entre '0' y '1', correspondiendo '0' a la falsedad y '1' a la verdad. Aumentar el número de observaciones no hace entonces más probable la verdad de un enunciado que abarque un número indefinido de casos, puesto que el cálculo de probabilidad implica dividir el número de observaciones obtenido (n) por el número total de casos potenciales que, al ser infinito (∞), dará por resultado siempre cero. Esto significa que, por más que se aumente el número de observaciones que apoyen una ley general, su grado de probabilidad de ser verdadera no se incrementa.

$$\text{Probabilidad de verdad de una hipótesis científica} = \frac{\text{Nro. de casos tomados (n)}}{\text{Nro. total de casos que abarca la generalización } (\infty)}$$

$$\text{Probabilidad} = \frac{n}{\infty} = 0$$

Durante la Edad Media, los europeos suponían que todos los cisnes eran blancos, debido a que en Europa no existían cisnes negros como en Australia. Es evidente que un razonamiento inductivo que aumentase el número de observaciones de cisnes blancos europeos para garantizar la probabilidad de la conclusión "todos los cisnes son blancos" no hace que sea más probable que no existan los cisnes negros australianos. Simplemente aún no se han topado con uno de esos casos.

El círculo vicioso inductivista: en el ejemplo de Juan, Pedro y Carlos, que padecían la enfermedad X, el razonamiento inductivo que habíamos hecho suponía implícitamente una hipótesis: la de que "todos los hombres presentan características semejantes, y Juan, Pedro y Carlos son hombres". Es desde esta hipótesis implícita de donde afirmamos que si Juan, Pedro y Carlos, con enfermedad X, tomaron la medicación M y se curaron, entonces lo mismo tendrá que ocurrir con todos los hombres si, padeciendo la enfermedad X, toman la medicación M. Pero esa hipótesis implícita, que es condición para realizar la inducción, se justifica... en inducción. Las inducciones requieren implícitamente hipótesis acerca de la homogeneidad de clases de objetos (por ejemplo: "Todos los hombres poseen características comunes") o acerca del principio de uniformidad de la naturaleza ("La naturaleza se compone de casos semejantes y lo que ha ocurrido en el pasado volverá a ocurrir en el futuro, si las circunstancias se asemejan lo suficiente"). ¿Cuál es el fundamento de estas hipótesis implícitas? Ellas se basan a su vez en observaciones pasadas, o sea, en argumentos inductivos. Con lo cual la justificación del uso de la inducción involucra en última instancia un círculo vicioso, dado que recurre a la experiencia para justificar las apelaciones a la misma.

La ciencia no comienza por la observación sin ninguna hipótesis previa: el inductivismo sostiene que la obtención de datos debe realizarse sin la existencia de hipótesis previas que sirvieran para orientarnos acerca de las conexiones entre los hechos que se están estudiando. Pero dado que es prácticamente imposible reunir la totalidad de los hechos por ser infinitos en número y variedad, sólo resta reunir los hechos relevantes para la solución de un problema de investigación. No obstante, sucede que el tipo concreto de datos que el investigador reúne no está determinado por el problema que se está estudiando. ¿Desde dónde se deciden cuáles son los datos relevantes y cuáles no? ¿Sobre la base de qué criterio se determina que tales datos son significativos y tales otros no lo son? Es imposible reunir todos los datos considerados significativos sin una hipótesis previa con respecto a la cual éstos tienen relevancia. Las hipótesis como intentos de respuesta al problema de investigación sirven de guía al científico, puesto que determinan cuál es el tipo de datos que se han de reunir en un momento dado de la investigación. Suponiendo que, como intento de respuesta al problema de investigación acerca de las causas del fracaso universitario, se proponga la hipótesis de que el rendimiento escolar de los alumnos universitarios es directamente proporcional a los ingresos económicos familiares, serán relevantes sólo aquellos datos (por ejemplo: materias aprobadas, nivel

socioeconómico) que se pueden vincular lógicamente con la hipótesis propuesta.

Un conjunto de hechos empíricos se puede analizar y clasificar de muy diversos modos, la mayoría de los cuales no serían de ninguna utilidad para una determinada investigación. Para que un modo de analizar y clasificar los hechos pueda conducir a una explicación de los fenómenos en cuestión debe estar basado en hipótesis acerca de cómo están conectados esos fenómenos. Sin esas hipótesis, el análisis y la clasificación son ciegos y pueden llegar a establecer conexiones absurdas. Supongamos que observamos que los sujetos A, B, C y D, todos ellos pelirrojos, tienen mal carácter. Concluimos que todos los individuos pelirrojos tienen mal carácter. He aquí, al parecer, una inferencia inductiva que establece una proposición universal sobre la base del examen de algunos de sus casos solamente. Pero es lícito dudar de que esta hipótesis esté bien establecida, a menos que sepamos que es verdadera la proposición adicional implícita: "Todo lo que es verdad de los sujetos A, B, C y D es verdad de todas las personas pelirrojas". En tal caso podemos enunciar el razonamiento en forma deductiva:

Todo lo que es verdad de los sujetos pelirrojos A, B, C y D es
verdad de todas las personas pelirrojas
Los sujetos A, B, C y D tienen mal carácter
Todas las personas pelirrojas tienen mal carácter

Se advierte, sin embargo, la falta de fundamento de tal proposición adicional.

Las observaciones no están libres de preconceptos: si dos personas se encuentran en el mismo lugar y miran en la misma dirección, reciben estímulos muy similares. Pero la gente no ve estímulos sino que experimenta sensaciones, y nada obliga a suponer que las sensaciones de dos personas sean las mismas. No debe confundirse los estímulos recibidos con las experiencias de un sujeto. Diferentes estímulos pueden producir las mismas experiencias y un mismo estímulo puede conducir a experiencias diferentes. Y esto es así porque la experiencia supone un procesamiento mental de los estímulos recibidos por parte de los sujetos, mediante los conceptos adquiridos a través de la educación. De ahí que individuos educados en distintas sociedades se comporten como si vieran diferentes cosas, mientras que entre individuos que pertenecen al mismo grupo y comparten educación, idioma, experiencias y cultura, sus experiencias tiendan a ser similares. Thomas Khun señala que lo mismo ocurre con las comunidades científicas. Los científicos que com-

parten los mismos supuestos teóricos y metodológicos tienden a compartir también una misma experiencia acerca del mundo que investigan, mientras que confrontados con otras comunidades científicas diferentes, no pueden acordar ni siquiera respecto de los enunciados observacionales.⁶

Los enunciados observacionales contienen carga teórica: para el inductivismo, las teorías científicas se construyen sobre la sólida base de enunciados observacionales públicos, es decir, sobre experiencias formuladas en enunciados observacionales susceptibles de ser evaluados y criticados por otros científicos. Tales enunciados que describen los casos observados requieren el empleo del lenguaje de alguna teoría, aunque sea vaga o poco elaborada. El enunciado "esta tiza es blanca" supone que hay ciertos objetos de determinadas características, agrupables bajo el concepto "tiza", y que también entendemos lo mismo al referirnos al término 'blanco'. Los enunciados observacionales en afirmaciones del tipo "el paciente x presenta síntomas depresivos" o "la sustancia de este tubo de ensayo es alcalina" contienen presupuestos teóricos acerca de lo que significan términos como 'síntoma', 'depresión' y 'alcalinidad'. Dado que los enunciados observacionales se construyen siempre desde el lenguaje de alguna teoría, su precisión y justeza dependerán del marco teórico desde donde se los construye. Este argumento derriba el planteo inductivista de que los enunciados observacionales son objetivos y verdaderos, pues se pueden construir enunciados observacionales falsos a partir de supuestos teóricos falsos.

Imposibilidad de inferir conceptos y modelos teóricos a partir de las observaciones: el inductivismo se propone como un método que conduce desde los hechos observados a los principios generales mediante inferencias inductivas. Pero ocurre que las hipótesis y teorías científicas están usualmente formuladas en términos teóricos que no aparecen en la descripción de los datos empíricos en que ellas se apoyan y a cuya explicación sirven (ejemplos de la física son: átomo, electrón, masa, gravedad). Las reglas de inducción no proporcionan procedimientos para construir, sobre la base de los datos con los que se cuenta, una hipótesis expresada en términos de conceptos teóricos que hasta ese momento no se habían utilizado en la descripción de los datos mismos. Y no lo hacen porque no podrían hacerlo, dado que no hay reglas de inducción aplicables, por medio de las cuales se puedan inferir hipótesis

o modelos teóricos a partir de los datos de la experiencia. El paso de los datos a las teorías requiere invención creativa.⁷ Las teorías no se derivan de los hechos observados sino que se inventan para explicarlos. Son hipótesis relativas a las conexiones que se pueden establecer entre los fenómenos estudiados y las regularidades que subyacen en éstos. Las teorías requieren gran inventiva, especialmente si suponen una desviación radical de los modos corrientes de pensamiento científico. Y los procesos mediante los que se llega a esas teorías no se parecen a los procesos de inferencia sistemática.

3. LOS MÉTODOS DEDUCTIVISTAS

3.1. Método hipotético-deductivo

Las severas críticas que sufrió el método inductivo condujo a algunos autores a proponer un procedimiento de investigación que se apoyara en una lógica deductiva válida. De ese modo se intenta escapar a la lógica propia del razonamiento inductivo y, al mismo tiempo, permitir elaborar hipótesis sin tener que pasar previamente por los enunciados observacionales.

La propuesta metodológica alternativa que proponen autores como Karl Hempel parte del hecho de que el conocimiento científico no se obtiene mediante inferencias inductivas sino inventando hipótesis como intentos de respuesta a un problema de investigación y sometiendo luego estas hipótesis a la confrontación con los hechos. Para ello se deben deducir consecuencias observacionales de la hipótesis y comprobarlas mediante experiencias.

Para los deductivistas, la ciencia no parte de la observación de los hechos sino del intento de solución de problemas. Los problemas no se definen en función de observaciones sino en relación con el estado de conocimientos de la ciencia en determinado momento, puesto que representan preguntas que aún no tienen respuesta o hechos que a la luz de las teorías en vigencia no pueden ser explicados, pero que deberían poder serlo con los procedimientos de la ciencia. Preguntas acerca del origen de la vida, cómo curar el cáncer o el sida, qué es la materia oscura

7. El modelo atómico o el modelo de la estructura genética constituyen ejemplos de construcciones teóricas de los científicos que no surgen de observaciones pero que sin embargo nos permiten intuir cómo está compuesta la materia o cómo se reproduce la vida.

6. Véase T. Kuhn, *La estructura de las revoluciones científicas* (México, FCE, 1990) y *Segundo pensamiento sobre paradigmas* (Madrid, Tecnos, 1978).

del espacio o cómo resolver los problemas de marginación social que generan los desarrollos tecnológicos constituyen actualmente problemas de investigación en ciencia.

Frente al problema, el científico debe proponer libremente hipótesis. Las hipótesis son enunciados que se postulan como posible solución del problema que se investiga. A los efectos de esta metodología, las explicaciones son inventadas por el científico. No importa el proceso de obtención de las hipótesis, el cual dependerá de la capacidad inventiva del investigador. El método hipotético-deductivo—a diferencia del inductivismo—se desprecupa del problema de la producción de explicaciones científicas. Separa el contexto de descubrimiento de hipótesis del contexto de su justificación y se centra en este segundo aspecto, al que considera lo propio y específico de una disciplina científica. Lo importante no es cómo se obtuvieron las hipótesis tentativas sino si se justifican o no en los hechos.

Como las hipótesis son enunciados que pueden ser sometidos a contrastación, será en la prueba de la confrontación con los enunciados observacionales donde se determinará si tal explicación es correcta o no. Contrastar una hipótesis para el hipotético-deductivismo supone deducir consecuencias observacionales o implicaciones contrastadoras de hipótesis que deberían producirse de ser correcta la hipótesis.⁸ Las implicaciones contrastadoras son implicaciones de la hipótesis, que sirven de base para una puesta a prueba de ésta con los hechos.

Una vez deducidas las consecuencias observacionales, se deben establecer condiciones de contrastación para determinar si estas consecuencias se producen. Las implicaciones contrastadoras dan la base para realizar una contrastación experimental, en la que se crean condiciones para comprobar si se produce un cierto resultado esperado que estaba implicado por la hipótesis investigada. Estas condiciones deben poder ser reproducibles y provocarse a voluntad para decidir acerca de la corrección de la hipótesis. Para ello el científico debe elaborar situaciones de observación controlada, es decir, debe construir un diseño experimental. Un experimento es una observación provocada, hecha

8. Las consecuencias observacionales no son equivalentes a los enunciados observacionales. Mientras que los primeros constituyen enunciados singulares conceptuales, es decir, meramente postulados como posibles casos que deberíamos poder llegar a observar en caso de ser correcta la hipótesis que estamos investigando, los enunciados observacionales son enunciados singulares que describen hechos constatados en la experiencia misma. Mientras los primeros son deducidos de la hipótesis y requieren procedimientos especiales para determinar si existen en la realidad, los segundos describen experiencias efectivas que el investigador ha obtenido.

especialmente partiendo de una hipótesis previa, en la que el científico calcula de antemano los resultados que espera obtener. Supone un cierto control de aquel factor que, de acuerdo con la hipótesis investigada, tiene influencia sobre el fenómeno estudiado.

En el caso de que no se produzcan los resultados esperados la hipótesis es refutada y el investigador deberá elaborar una nueva explicación tentativa. Y en caso de que los resultados esperados se produzcan, la hipótesis es confirmada.

El método hipotético-deductivo intenta apoyar sus procedimientos en una lógica deductiva válida. Hemos visto anteriormente dos tipos de razonamientos deductivos válidos: el *modus ponens* y el *modus tollens*.⁹ Respecto del *modus ponens*, si se lo analiza, se ve que no sirve para poner a prueba hipótesis. Tal razonamiento, aplicado a la investigación científica, tendría la siguiente interpretación:

Si la hipótesis H es verdadera, entonces se deberá producir determinada consecuencia observacional (CO)

La hipótesis H es verdadera

Se produce la consecuencia observacional esperada (CO)

Se advierte que el *ponens* ubica como segunda premisa aquello que justamente se requiere averiguar: la verdad de la hipótesis. Esto lo vuelve inútil como estructura lógica aplicada a la contrastación de la misma.

Lo que el científico hace es plantear que si la hipótesis propuesta es verdadera, se deben producir ciertas consecuencias observacionales, y luego trata de comprobarlas de modo de afirmar la verdad de la hipótesis. Pero con ese procedimiento ya no nos encontramos ante un razonamiento deductivo válido sino ante una falacia de afirmación del consecuente. La confirmación de hipótesis se basa entonces en un razonamiento inválido cuya forma lógica es:

Si p, entonces q

Es el caso que q

Es el caso que p

Aplicada a la pretendida confirmación de hipótesis, el razonamiento tendría la siguiente forma:

9. El empleo de este último para la refutación lo veremos en el punto 3.2.

Si la hipótesis H es verdadera, entonces se deberá producir determinada consecuencia observacional (CO)

Se produjo la consecuencia observacional esperada (CO)

Es verdadera la hipótesis H

La falacia de afirmación del consecuente es un razonamiento deductivo inválido: por lo tanto, la verdad de las premisas no garantiza la verdad de la conclusión. Esto significa que es posible tener premisas verdaderas y conclusión falsa, o sea, que la verificación de las consecuencias observacionales no asegura la verdad de la hipótesis.¹⁰ Una contrastación con resultados favorables no establece la verdad de la hipótesis sino que sólo se limita a proporcionarle un grado mayor o menor de apoyo. No hay una comprobación concluyente y definitiva de las explicaciones científicas. Y como la pretendida confirmación de una hipótesis sobre la base de casos observados no asegura su verdad, es lógicamente posible que una hipótesis falsa cuente con confirmaciones siempre singulares de enunciados observacionales.

De hecho, la historia de la ciencia está llena de ejemplos de hipótesis falsas que en su momento fueron avaladas por los hechos, hasta que nuevas evidencias mostraron que eran falsas. Así, por ejemplo, durante mucho tiempo se sostuvo que el calor era una sustancia llamada "calórico" que se encontraba dentro de los cuerpos. Para probar esta hipótesis se decía que cuando se horadan metales con un torno hay desprendimiento de calor. Esto era interpretado como la confirmación de que el calórico contenido en el metal salía por el agujero que se había practicado. Tal teoría del calor se derribó cuando se sometieron a fricción dos barras de hielo a menos de cero grados de temperatura y se derritieron, hecho difícilmente explicable desde la teoría del calórico.

Los defensores del método pretendían garantizar la seguridad de las hipótesis basándose en razonamientos deductivos válidos que, como vimos anteriormente, permiten que a partir de premisas verdaderas obtengamos conclusiones necesariamente verdaderas. Consideremos el siguiente razonamiento:

Si se aplica la medicación M entonces Carlos debe sanar de la enfermedad X

Se aplica la medicación M

Carlos se sana de la enfermedad X

10. Véase el cuadro de la página 120.

El inconveniente de los razonamientos deductivos válidos es que si bien formalmente de premisas verdaderas se obtienen necesariamente conclusiones verdaderas, la verdad de la conclusión no garantiza que las premisas sean verdaderas, porque existen formas de razonamiento válidas que, a pesar de que contienen alguna premisa falsa, permiten inferir conclusiones verdaderas. Por lo tanto, a partir de conclusiones verdaderas no se puede asegurar entonces de manera necesaria que las premisas también lo sean, tal como se vio en el cuadro de la página 120. En el ejemplo anterior, que Carlos se haya curado de la enfermedad X no implica necesariamente que esto se haya producido por la aplicación de la medicación M. Bien podría haberse curado debido a otros factores no considerados. Lo anterior muestra que la validez formal de los razonamientos no permite concluir verdades acerca de los hechos de la realidad, sólo aporta el esqueleto lógico sobre el que ordenamos los contenidos de nuestras argumentaciones para explicarla.

El hecho de que las confirmaciones de hipótesis no son concluyentes llevó a los defensores del método a argumentar que si una hipótesis cuenta con un gran número de enunciados observacionales que la avalan, y además resulta coherente con otras explicaciones anteriores bien establecidas, podríamos legítimamente elevarla a ley científica. Se ve de todas maneras la debilidad del argumento, que hace retornar a las críticas hechas al inductivismo: ¿cuál sería el número suficiente de confirmaciones empíricas que garantizaría la verdad de una hipótesis?

Las tesis básicas del método hipotético-deductivo son las siguientes:

1. La investigación científica parte de problemas (y no de observaciones).
2. El científico inventa libremente hipótesis con el objeto de solucionar el problema.
3. Las hipótesis guían el desarrollo de las investigaciones y dirigen las observaciones y la selección de datos relevantes.
4. La justificación y aceptación de las hipótesis se basa en la contrastación empírica de sus consecuencias observacionales.
5. Si una hipótesis reúne un gran número de confirmaciones, se convierte en ley científica.

Pasos del método hipotético-deductivo:

1. Planteo de un problema.
2. Formulación de una hipótesis como solución tentativa.
3. Deducción de consecuencias observacionales de la hipótesis propuesta.

4. Elaboración de un diseño experimental que permita contrastar las consecuencias observacionales con la experiencia.
5. Si se contrastan con éxito los enunciados observacionales, se supone que la hipótesis se confirma.
6. A partir de una gran cantidad de confirmaciones observacionales la hipótesis pasa a considerarse ley.



Para ejemplificar, consideremos la situación de unos investigadores que tratan de encontrar una medicación contra la enfermedad X. Supongamos que han creado una droga M con la que esperan curar esa enfermedad. La hipótesis propuesta sería: "La droga M cura la enfermedad X". Para poner a prueba tal hipótesis, los investigadores infieren de ella las siguientes consecuencias observacionales: "Si la hipótesis es correcta, administrando la droga M a sujetos afectados por la enfermedad X, éstos deben curarse". El paso siguiente consistirá en crear condiciones especiales experimentales que permitan verificar (o no) las consecuencias observacionales deducidas. Para el caso, supongamos que reúnen un grupo de cobayos a los que se les inocula el virus de la enfermedad X para luego tratarlos con la droga M. Para que el experimento sea confiable (es decir, para que los resultados que se vayan a obtener no se vean afectados por otros factores no tomados en cuenta), los científicos deberán controlar los factores intervinientes en el experimento (entre los cuales tendrán que asegurarse que la muestra de cobayos sea sana y que no estén infectados por otros virus que el que se quiere investigar, que los cobayos elegidos no presenten diferencias significativas entre ellos y

conformen una muestra representativa del grupo de los cobayos que se emplean para estos experimentos, que estén aislados para que no puedan introducirse factores externos que perturben los resultados).

Una vez realizado el experimento, en caso de que los cobayos hayan sanado, se supone que la hipótesis fue confirmada. Esto no habilita, sin embargo, a afirmar taxativamente que la droga M cura la enfermedad X, dado que del hecho de que haya curado a un grupo de cobayos de laboratorio no se sigue que necesariamente vaya a hacerlo en todos los casos o en los seres humanos. Por esto se requerirán nuevos experimentos y elementos de prueba que avalen la hipótesis.

3.2. La corrección falsacionista

La aparición de la obra de Karl Popper *La lógica de la investigación científica* (1934) representó un giro original en la concepción epistemológica deductivista, así como un ataque frontal a las concepciones inductivistas vigentes. Pueden distinguirse tres rasgos principales de la epistemología de Popper:

1. **Antiinductivismo:** Popper acuerda con los planteos empiristas de David Hume acerca de que no hay un fundamento lógico para derivar enunciados universales a partir de enunciados que se refieren a hechos singulares. Toma la pregunta de Hume acerca de si nuestras creencias en ciertas regularidades se pueden justificar con razones suficientes y la replantea de la siguiente manera: ¿se puede justificar la pretensión de que una teoría explicativa universal sea verdadera mediante enunciados basados en la experiencia? A esta cuestión Popper responde negativamente: ningún conjunto de enunciados observacionales verdaderos puede justificar la pretensión de que una teoría explicativa universal sea verdadera. Con lo cual Popper se erige como uno de los críticos más consecuentes de las posiciones inductivistas.¹¹
2. **Carácter hipotético del conocimiento científico:** del antiinductivismo, Popper extrae la consecuencia de que el conocimiento científico no puede verificarse positivamente en modo alguno. Todos los enuncia-

11. Popper examina modelos típicos de leyes inductivas consideradas firmemente establecidas a partir de la experiencia para mostrar que no son seguras, como "todo el pan alimenta", enunciado que se vio refutado cuando la gente que comió su pan cotidiano murió de ergotismo en una catástrofe ocurrida en Francia.

dos científicos son suposiciones, proposiciones cuya verdad es una conjetura. El carácter selectivo y limitado de la experiencia humana supone para Popper un rechazo de toda verdad que no sea provisoria, parcial y negativa. Esta toma de posición lo enfrenta con los planteos metodológicos que acentúan la búsqueda de verificaciones para las hipótesis, como es el caso del método hipotético-deductivo.

3. Falsacionismo metodológico: si las teorías científicas son hipótesis, si no hay fundamentación última, si no se puede asegurar la verdad a partir de la verificación en la experiencia, deben sin embargo ser refutables, falsables, para tener estatuto de científicas. "Falsable" no es lo mismo que "falsada". Que sea falsable significa que una hipótesis para ser científica debe poder proporcionar consecuencias observacionales refutatorias, es decir, casos posibles que si llegaran a producirse en la realidad probarían que la hipótesis es falsa. Lo que no significa que tales consecuencias existan en la realidad. De llegar a encontrarse las mismas, la hipótesis pasaría de falsable a ser falsada, refutada. Popper establece así un criterio de demarcación en ciencia (es decir, un criterio para distinguir enunciados científicos de no científicos) basado en la falsabilidad.

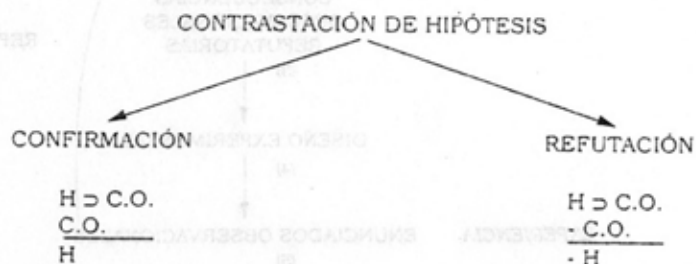
Popper propone un método que llama "falsacionista" o de "conjeturas y refutaciones", el cual introduce modificaciones importantes al método hipotético-deductivo, pero apoyándose en su lógica. El método se afirma en el hecho de que, desde el punto de vista lógico, no es lo mismo refutar que confirmar hipótesis. Si bien es cierto que no se puede afirmar la verdad de una hipótesis a partir de ciertos casos singulares que presuntamente la confirman (aun cuando éstos sean muchos), dado que, como vimos anteriormente, la confirmación se apoya en un razonamiento falaz o en un razonamiento válido que no permite asegurar la verdad de las premisas a partir de la verdad de la conclusión. En cambio, es posible afirmar concluyentemente la falsedad de una hipótesis a partir de un caso u observación que la contradiga. La refutación, al basarse en el razonamiento válido *modus tollens*, garantiza que la conclusión sea necesariamente verdadera si las premisas son verdaderas. Su forma lógica es la siguiente:

Si p, entonces q
No es el caso que q
No es el caso que p

Interpretando el razonamiento en términos de la lógica de la investigación científica, sería:

Si la hipótesis H es verdadera, entonces se deberá producir determinada consecuencia observacional (CO)
Pero no se produjo la consecuencia observacional esperada (CO)
Es falsa la hipótesis H

El *modus tollens* es un razonamiento deductivo válido, lo que significa que su conclusión se deduce necesariamente de las premisas y que de premisas verdaderas se obtienen conclusiones verdaderas. Si las premisas del *modus tollens* están bien establecidas, entonces debemos concluir que la hipótesis, en el ejemplo aquí analizado, es falsa y queda refutada. Por lo que se debe proceder a la búsqueda de una nueva hipótesis.



FALACIA DE AFIRMACIÓN
DEL CONSECUENTE

MODUS TOLLENS

Hay, por lo tanto, una asimetría en la contrastación de hipótesis: la confirmación se apoya en una falacia, por lo que las hipótesis no pueden asegurarse concluyentemente, dando carácter de provisoriedad al conocimiento científico, mientras que la refutación se apoya en un razonamiento deductivo válido que permite asegurar la falsedad de las hipótesis a partir de ciertas consecuencias observacionales que las refuten. De esta asimetría se vale Popper para hacer de la lógica de la refutación y del razonamiento *modus tollens* el punto de apoyo seguro de la investigación científica: basándonos en enunciados observacionales verdaderos es posible justificar la pretensión de que una teoría explicativa universal es falsa.

Desde este punto de vista, la actitud del científico debe ser crítica ante las teorías que elabora. Dado que de un enunciado científico se pueden inferir tanto consecuencias observacionales confirmatorias como refutatorias, debe abandonarse la búsqueda de casos que confirmen las

teorías propuestas en favor de la búsqueda de hechos que las derriben. No se debe tratar de salvar hipótesis sino de refutarlas. En caso de tener éxito en el intento, se habrá eliminado una explicación equivocada. Saber acerca del error representa también un conocimiento valioso para el investigador, pues le permite elaborar nuevas hipótesis que intentarán ser mejores y que no caerán en los errores de las anteriores. Y en caso de que se fracase en los intentos de refutar, la hipótesis se mantendrá como la mejor explicación con la que se cuenta hasta ese momento. Pero su aceptación es provisoria, hasta que se demuestre lo contrario.



Los pasos metodológicos que propone el falsacionismo son similares a los del hipotético-deductivo: frente a problemas de investigación (1), el científico es libre de proponer hipótesis como soluciones tentativas a los mismos (2). Pero —y en esto radica una significativa diferencia—, una vez propuesta la hipótesis, el investigador debe poder deducir de ella consecuencias observacionales que, de llegar a producirse, mostrarían que la hipótesis es falsa (3). Luego de lo cual el científico realizará las observaciones o experimentos que se requieran para intentar encontrar las consecuencias observacionales refutatorias (4). De llegar a encontrar los falsadores potenciales, mediante enunciados observacionales falsados, la hipótesis se refuta y se descarta (5), buscándose una nueva hipótesis (6). De lo contrario, se la conserva provisoriamente hasta que aparezcan hechos que la refuten.

3.3. El criterio de demarcación en ciencia

La condición previa para llevar a cabo los pasos antedichos es que el científico, cuando proponga hipótesis, respete el criterio de demarca-

ción científica de la falsabilidad: las explicaciones propuestas deben ser falsables, deben poder ser puestas a prueba críticamente, deben ofrecer casos posibles que si ocurriesen la derribarían. De lo contrario, la explicación no es considerada científica y, por lo tanto, es descartada. Esta condición previa es esencial para Popper, pues de lo contrario no se podría proceder con los intentos de refutación.

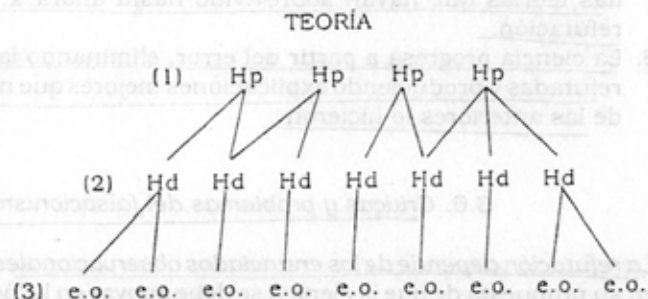
Los enunciados científicos tienen que negar o prohibir ciertos estados de cosas (por ejemplo, el enunciado que afirma que los planetas giran en forma de elipse niega que los planetas giren de otras maneras o no giren en absoluto; el enunciado "los metales son conductores de electricidad" niega que haya metales que no sean conductores). Estos estados de cosas que un enunciado científico niega proporcionan al científico la posibilidad de proponer posibles enunciados falsadores de hipótesis.

Ya dijimos que para Popper el criterio de falsabilidad separa enunciados falsables (y por ende científicos) de no falsables (y por tanto no científicos). No son enunciados falsables:

1. Enunciados y teorías tautológicos, que por su forma son siempre necesariamente verdaderos (por ejemplo: "los perros son canes", "los virus son seres vivos o no son seres vivos").
2. Enunciados y teorías metafísicos, dado que por la naturaleza de los objetos a los que aluden (Dios, espíritu, esencia, entre otros) no se pueden inferir enunciados observacionales que permitan hacer contrastaciones directas o indirectas con la realidad. Es el caso de proposiciones tales como "el universo se encuentra determinado por la voluntad de un ser superior" o "existen dos mundos: el de las apariencias sensibles y el mundo perfecto de las ideas o esencias".
3. Enunciados y teorías vagos e imprecisos que, al no establecer un estado claro y delimitado posible del mundo, no permiten definir probables casos falsadores (por ejemplo, el enunciado "gran parte de los argentinos presenta trastornos emocionales" no define con claridad qué alcance numérico significa "gran parte" ni explica con precisión a qué se le llama "trastornos emocionales" de manera de poder identificar casos posibles que refutasen el enunciado).
4. Teorías que explican cualquier estado posible del universo. Tales teorías son lógicamente también tautológicas, en tanto les son indiferentes los estados posibles del universo, pues cualquier estado es explicable desde esa teoría. Por lo cual no se las pueden refutar. Es para Popper el caso de la astrología: si se le pidiese a un astrólogo que nos indicara qué hechos, de llegar a producirse en la realidad, le indicarían que su hipótesis de que los astros influyen en el destino

de las personas es falsa, éste se vería en aprietos para contestar, dado que cualquier situación que se llegara a producir sería explicable en términos de la influencia astral. Sea que un determinado sujeto viva o muera, se case o no se case, triunfe o fracase, cualquier estado del mundo será interpretado por la influencia de la posición de los planetas. Por lo tanto, a la teoría astrológica le es indiferente si se da "p o -p", puesto que ambos casos serán explicados por ella. Eso significa que la teoría no prohíbe ningún estado del mundo y que entonces posee una estructura tautológica.

3.4. La evaluación crítica de teorías científicas



Una teoría científica está formada por un conjunto de hipótesis básicas relacionadas entre sí (1), de donde se deducen hipótesis derivadas (2), elaboradas para articular los principios generales de la teoría con los hechos a los que se quiere explicar (3). Este conjunto de enunciados explicativos articulados lógicamente presenta un carácter sistemático y, en la medida en que incorpora nuevos enunciados, logra explicar hechos nuevos. Popper propone cuatro pasos para evaluar una teoría:

1. Determinar su coherencia interna, investigando la relación lógica que existe entre las conclusiones de la teoría y sus enunciados principales. En caso de que la teoría presente contradicciones, o sea, hipótesis que sean mutuamente excluyentes por no poder ser ambas simultáneamente verdaderas, la teoría queda descartada por violar el principio lógico de no contradicción y, por ende, ser incoherente o formalmente falsa.
2. Determinar si formalmente es tautológica. Se debe evaluar la forma lógica de la teoría para averiguar si está construida como una tauto-

logía, en cuyo caso se la descarta por ser formalmente verdadera y por lo tanto no falsable.

3. Comparar la teoría con otras anteriores para determinar si constituye un progreso científico. De todas las teorías posibles, la ciencia prefiere aquellas que representen una mejor explicación de los hechos, que permitan nuevos descubrimientos, que resulten exitosas a la hora de predecir hechos nuevos y que no sean refutadas allí donde otras lo fueron. De lo contrario, la teoría no reviste ninguna ventaja desde el punto de vista del progreso del conocimiento y por lo tanto se la abandona.

4. Contrastar la teoría tomando cada una de sus hipótesis (las principales y las derivadas) y deduciendo de ellas consecuencias observacionales refutatorias, para luego compararlas con los resultados obtenidos en las aplicaciones prácticas y los experimentos. Como resultado de este procedimiento, pueden ocurrir tres cosas:

- 1) Que las hipótesis de la teoría sobrevivan a los esfuerzos de refutación.
- 2) Que sean refutadas algunas de las hipótesis derivadas, en cuyo caso la teoría se conserva por no estar afectadas sus hipótesis principales, pero se eliminan aquellas hipótesis que probaron ser falsas.
- 3) Que sean refutadas las hipótesis básicas de la teoría, en cuyo caso toda la teoría debe ser descartada, ya que la falsedad de las hipótesis básicas arrastra consigo a todas sus hipótesis derivadas.

3.5. La preferencia entre teorías y el valor del error

Para el falsacionismo, cuanto más audaz sea una hipótesis respecto del estado de conocimiento aceptado, mejor explicación científica es (siempre que sea falsable y que en la contrastación sobreviva a los intentos de refutación). Una teoría muy buena para los científicos es aquella que proponga explicaciones de amplio alcance acerca del mundo, lo que la convierte en muy falsable (pues se presta a múltiples contrastaciones) y que al mismo tiempo resista los intentos de falsación a que es sometida.

El científico tiene libertad creativa para proponer cuantas teorías desee, incluso (y preferentemente para el falsacionismo) si son altamente especulativas. Luego la contrastación con los hechos irá eliminando aquellas que no puedan sobrevivir a la prueba de la refutación, quedando sólo las que hasta el momento no se hayan logrado refutar.

Si bien para el falsacionismo todas nuestras teorías son sólo suposiciones y no podemos justificar su verdad empíricamente, existen si-

embargo criterios racionales para preferir unas hipótesis a otras. Ciertas teorías son, en determinado momento, mejores que otras a la luz de los intentos de refutación.

Dadas varias teorías rivales (es decir, teorías diferentes que se ofrecen como soluciones al mismo problema), se pueden preferir unas sobre otras en la medida en que los enunciados observacionales refuten algunas de ellas, eligiendo el investigador aquella cuya falsedad no haya sido demostrada hasta ahora y haya sobrevivido a los esfuerzos de refutación.

Una teoría es comparativamente mejor que otras cuando:

- Tiene éxito en explicar lo que explicaban las teorías anteriores.
- Tiene éxito en explicar hechos que no lograban explicar las otras teorías.
- Es más contrastable o falsable, o sea, posee mayor contenido y mayor poder explicativo que las otras. Por ejemplo, si comparamos los enunciados "todos los metales se dilatan con el calor" y "toda la materia del universo se dilata con el calor", el segundo enunciado, al abarcar mayor cantidad de casos que el primero, resulta ser más explicativo y por ello es más contrastable, y corre más riesgos de que pueda ser refutado por los hechos. Por eso es más falsable que el primero.
- Hasta el momento ha sido contrastada y no ha sido refutada.

Para Popper, si bien no podemos fiarnos de ninguna teoría -puesto que no se puede demostrar que alguna sea verdadera-, sin embargo, debemos preferir la teoría mejor contrastada, aquella que a la luz de la crítica parece mejor por el momento pues ha logrado sobrevivir todos los intentos de refutación de los científicos.

El investigador busca teorías falsables no refutadas debido a que pueden ser verdaderas. Pero como esas teorías también pueden ser falsas, debe intentar refutarlas por todos los medios. Con este procedimiento de eliminación se espera dar con una teoría verdadera, aunque el método mismo no pueda en ningún caso establecer su verdad.

Popper define el falsacionismo como un método crítico de ensayo y supresión de errores, de proponer teorías y someterlas a contrastaciones rigurosas. Y en este proceder crítico radicaría la posibilidad de progreso para la ciencia, dado que falsar una hipótesis, descubrir el error, constituye también un conocimiento científico positivo. Cuando se logra falsar una hipótesis que hasta el momento venía superando con éxito las pruebas a las que era sometida, surge un nuevo problema que exige la invención de nuevas hipótesis, las que a su vez serán sometidas a nuevas contrastaciones. En este proceso, si bien no se puede afirmar

que una teoría es verdadera, si se puede decir que la teoría actual es mejor que las anteriores, pues es capaz de no ser refutada allí donde lo fueron sus predecesoras. Por eso el falsacionismo puede afirmar que la ciencia progresa, puesto que produce cada vez mejores explicaciones que las anteriores.

Las tesis básicas del falsacionismo son las siguientes:

- No es posible justificar una teoría científica mediante enunciados observacionales.
- Todas las hipótesis son proposiciones cuya verdad es una conjetura.
- Es posible justificar que una teoría es falsa basándonos en enunciados observacionales verdaderos que la contradigan.
- Para que una proposición sea científica tiene que ser falsable.
- La ciencia procede por conjeturas y refutaciones, proponiendo teorías audaces y sometiéndolas a contrastaciones, prefiriendo aquellas teorías que hayan sobrevivido hasta ahora a los intentos de refutación.
- La ciencia progresa a partir del error, eliminando las explicaciones refutadas y produciendo explicaciones mejores que no fracasan donde las anteriores lo hicieron.

3.6. Críticas y problemas del falsacionismo

La refutación depende de los enunciados observacionales: Popper insiste en su propuesta de que la ciencia se debe apoyar en la lógica refutatoria, basada en el razonamiento deductivo válido *modus tollens*. De donde desprende la afirmación de que lo único seguro en la ciencia es lo falso: se puede estar seguro de que una explicación científica es falsa a partir de ciertas observaciones que la contradicen.

MODUS TOLLENS

(a)	$H \supset CO$	PREMISAS
(b)	$\neg CO$	
(c)	$\neg H$	CONCLUSIÓN

(H: hipótesis; CO: consecuencias observacionales)

Pero si bien formalmente el *modus tollens* garantiza que, si sus premisas son verdaderas, la conclusión también lo será; desde el punto de

vista del contenido del razonamiento, para asegurar la verdad de la refutación de la hipótesis (c) se debe asegurar la verdad de las premisas, una de las cuales es la que afirma las consecuencias observacionales refutatorias (b). Esto introduce nuevamente el problema de la verdad de los enunciados observacionales. Si éstos contienen carga teórica y las teorías con las que se construyeron son erróneas, nada impide que se refuten hipótesis correctas sobre la base de enunciados observacionales falsos por haber sido elaborados desde un marco teórico incorrecto. Tal posibilidad hace que no sean necesariamente las hipótesis sino los enunciados observacionales los equivocados y que la falsación no sea tan concluyente como pretendía Popper.

Un buen ejemplo de esto es la refutación que sufrió en su época la teoría heliocéntrica de Copérnico. Los astrónomos de ese momento decidieron contrastar la teoría tratando de determinar si a lo largo del año, al mirar con el telescopio una estrella fija, se requería ir modificando el ángulo de observación. Se suponía que si la Tierra se movía, nuestra posición como observadores debería variar y por lo tanto estaríamos obligados a ir corrigiendo el ángulo de observación del telescopio para ver el mismo punto fijo en el cielo. Por el contrario, si no se necesitaba modificar ese ángulo, se demostraría que la Tierra no se movía. Y ocurrió que los astrónomos no detectaron ninguna modificación en el ángulo de observación para enfocar una misma estrella a lo largo del año. De donde concluyeron que la teoría de Copérnico era falsa. ¿Dónde estaba la falla? En los enunciados observacionales con los cuales los astrónomos refutaron la teoría heliocéntrica. En la época de Copérnico se suponía que la distancia de la Tierra a las estrellas era de miles de kilómetros (y no de millones de años luz). Tal teoría implícita hizo suponer a los astrónomos que con los telescopios rudimentarios de ese momento se podía captar el cambio de la posición de la Tierra en torno del Sol midiendo los cambios de angulación en la observación de una estrella. Pero ese cambio de ángulo (que se conoce en astronomía como "ángulo de paralaje estelar") es imperceptible sin los instrumentos de precisión adecuados, debido a las enormes distancias que hay entre la Tierra y las estrellas. De modo que los astrónomos refutaron en su época la teoría heliocéntrica con enunciados observacionales falsos basados en supuestos teóricos incorrectos acerca de las distancias entre los astros.

Popper mismo ya había advertido el problema del carácter hipotético de toda observación y de todo enunciado observacional, por lo que termina cayendo en una posición convencionalista: los enunciados observacionales se aseguran mediante acuerdos entre los científicos acerca de lo que ven. Ellos deciden si son aceptables o seguros. Se advierte, sin embargo, que estos acuerdos tienen como límite el que los científicos compartan el marco teórico desde donde interpretan los hechos.

De no compartirse los mismos supuestos, tampoco podría haber acuerdo acerca de lo que ven.

Complejidad de las situaciones de contrastación: no se confrontan nunca hipótesis científicas aisladas con experiencias sino series de hipótesis sistemáticamente articuladas cuyas relaciones con las experiencias no son nunca tales que resulte claro y evidente cuál, entre estas teorías, es la refutada por los hechos. En toda investigación científica junto con la hipótesis propuesta existen otras muchas hipótesis asociadas de las que se vale el científico en su investigación y que aparecen implicadas en los resultados obtenidos. Además de hipótesis que pueden estar asociadas a la hipótesis principal, la contrastación de hipótesis requiere hipótesis auxiliares (por ejemplo, hipótesis acerca del diseño experimental o hipótesis empleadas para interpretar los datos observacionales). Debemos, por lo tanto, complejizar el razonamiento *modus tollens* al aplicarlo a la investigación científica de la siguiente manera:

Si la hipótesis H y las hipótesis asociadas a ella ($H_1, H_2, \dots, H_n$) son verdaderas, entonces se deberá producir determinada consecuencia observacional (CO)

Pero no se produjo la consecuencia observacional esperada (CO)

Es falsa la hipótesis H y las hipótesis asociadas a ella ($H_1, H_2, \dots, H_n$)

La conclusión de este razonamiento niega la verdad de la conjunción de la hipótesis que investigábamos y de las hipótesis asociadas. Eso no implica que todas las hipótesis sean falsas o que lo sea la hipótesis principal. Puede ser falsa alguna de las hipótesis asociadas. De manera que, ante la aparición de un caso refutador, el científico tiene que evaluar si la refutación afecta a la hipótesis principal o sólo a alguna de las otras hipótesis involucradas.

La ciencia no ha sido falsacionista a lo largo de la historia: de haberse aplicado el procedimiento falsacionista en algunas de las principales teorías de la historia de la ciencia, habrían sido descartadas en el momento en el que surgieron. Y esto por la razón de que cuando aparecen teorías muy audaces para el estado de conocimientos de su época (por ejemplo, la teoría copernicana, la física galileana, la teoría newtoniana, la teoría evolucionista) son contrastadas desde datos y observaciones que han sido interpretados desde el marco teórico que la nueva teoría viene a cuestionar. Por lo que no es de extrañar que las teorías audaces para el estado de conocimientos de la época en que surgen comiencen por ser refutadas.

Las hipótesis principales de una teoría no se refutan por decisión de los científicos: retomemos el ejemplo de Popper "todo el pan alimenta" (extraído a su vez de la obra de Hume). Efectivamente, se trata de una hipótesis considerada sumamente prudente y avalada por infinidad de hechos. Popper diría de ella que es una hipótesis que afirmamos en la medida en que hasta ahora no ha encontrado consecuencias observacionales que la refuten.¹² Supongamos, siguiendo a Popper, que un día en un pueblo la gente come pan y muere. ¿Es razonable, desde el punto de vista de la investigación científica, descartar la hipótesis "todo el pan alimenta"? Los científicos en su práctica cotidiana no lo consideran así, y por buenas razones: dado que todo fenómeno puede encerrar varias explicaciones, muchas de las cuales desconocemos, lo razonable, antes de refutar una hipótesis considerada segura, es pensar qué hipótesis podría explicar la aparente excepción a la regla general, y luego ponerla a prueba en la experiencia. Para el caso, los investigadores pueden proponer la hipótesis de que el pan que comieron en el pueblo ese día estaba elaborado con harina en mal estado, con agua contaminada o que alguien puso veneno en el pan. Estas explicaciones que los investigadores proponen son hipótesis auxiliares que cumplen una doble función: salvar de la refutación la hipótesis considerada segura e intentar dar cuenta de la aparente excepción. La hipótesis auxiliar puede ser tomada como una explicación independiente de la principal y se la puede contrastar con la experiencia. Si se la refuta, el científico puede proponer otra hipótesis auxiliar hasta lograr explicar la excepción o anomalía a la hipótesis principal (en nuestro caso, hasta encontrar la causa de la muerte por ingesta de pan).

Supongamos ahora que los investigadores han ido proponiendo hipótesis auxiliares que luego han sido refutadas por la experiencia y ya no se les ocurre proponer nuevas explicaciones. En ese caso, los científicos cuentan con el recurso de seguir salvando la hipótesis principal mediante una hipótesis *ad hoc*. Tal hipótesis cumple únicamente con la función de salvar de la refutación una hipótesis considerada segura, sin explicar la aparente excepción ni aportar alguna dirección a las investigaciones. Sólo "emparcha" la hipótesis principal del "agujero" en el conocimiento que ciertos hechos le producen. De esta manera la hipótesis cuestionada se sigue manteniendo por decisión de los científicos.

12. Sin embargo, en su obra *Conocimiento objetivo* (Madrid, Tecnos, 1972), en el capítulo "El conocimiento como conjetura: mi solución al problema de la inducción", p. 23, Popper informa —como ya habíamos señalado— que en un pueblito de Francia ocurrió que la gente del lugar comió pan y murió de ergotismo. ¿Está por eso refutado el enunciado "todo el pan alimenta"?

hasta que "futuras investigaciones arrojen nueva luz sobre este inexplicable fenómeno". En el caso de nuestro ejemplo, aplicar una hipótesis *ad hoc* sería afirmar que todo el pan alimenta "menos en este pueblo donde la gente comió pan y murió". Se advierte la inconsecuencia lógica de tal afirmación ("todo A es B, menos un A que no es B"). Sin embargo, el procedimiento puede ser razonable desde el punto de vista pragmático de una investigación: de no encontrar una explicación satisfactoria de por qué la gente de ese pueblo comió pan y murió, ¿debemos anunciar al mundo que no es cierto que todo el pan alimenta, o se tratará más bien de informarle a la gente de ese pueblo en particular que no coma pan hasta saber por qué allí está matando, y que esto no afecta, hasta nuevo aviso, al pan del resto del mundo?

Las hipótesis auxiliares y las *ad hoc* se emplean usualmente en la investigación científica, pero su uso afecta directamente las tesis de la propuesta falsacionista, pues siempre es posible salvar una hipótesis considerada segura por los científicos mediante este tipo de procedimientos. Con lo cual nunca se llegarían a refutar las hipótesis principales de una teoría, y la refutación se realizaría sólo con las hipótesis auxiliares.¹³ Además, la decisión de evaluar hipótesis alternativas en vez de refutar directamente una hipótesis se corresponde con el punto anterior acerca de que nunca se pone a prueba una sola hipótesis aislada sino varias hipótesis al mismo tiempo, y con el hecho de que históricamente la defensa de las hipótesis básicas de una teoría por parte de los investigadores ha conducido a nuevos descubrimientos, lo que no hubiese ocurrido de haberse refutado directamente la hipótesis. Un ejemplo histórico de que los científicos tienden a defender sus teorías con resultados enriquecedores para el conocimiento científico es el caso de las observaciones del movimiento del planeta Urano en el siglo XIX, las cuales contradecían la teoría gravitatoria de Newton. Para salvar la teoría newtoniana, algunos científicos propusieron la hipótesis de que existía un planeta aún no descubierto cerca de Urano, que debía ser la causa de la anomalía. La contrastación de la hipótesis llevó al descubrimiento del planeta Neptuno, lo que constituyó al mismo tiempo una nueva comprobación de la teoría newtoniana. Lo anterior muestra que el falsacionismo es menos una sistematización del modo en el que proceden los científicos dando cuenta de su práctica que un marco normativo que les indica cómo deben proceder en sus investigaciones.

13. Es lo que van a plantear epistemólogos como Imre Lakatos y Thomas Kuhn.