

Objetivos y métodos de la ciencia

Alejandro Sanvisens Herreros

I. La imposible matematización de la ciencia

El reciente descubrimiento del bosón de Higgs, una entidad prevista teóricamente desde los años 60 del siglo xx, ha hecho resurgir la vieja polémica sobre el poder de las matemáticas y sobre la metodología y la finalidad de las ciencias.

Las ciencias particulares tienen como objetivos describir la naturaleza y explicarla a través de causas. Ahora bien, una explicación causal no explica nada si se queda a la mitad, es decir, si remite a causas ulteriores infinitas. Por eso detrás de las ciencias existe una filosofía que justifica, avala y completa la labor de las ciencias. Esta filosofía ha de garantizar la existencia de una causa última. Hay sólo dos posibilidades: o bien esta causa última es una voluntad inescrutable, o bien es un sistema lógico-matemático.

Para evitar la primera posibilidad, que tiene evidentes connotaciones religiosas, una gran parte de los filósofos y científicos de la actualidad se han adherido al programa de lo que se ha llamado la matematización de la ciencia. No se trata de expresar las leyes por medio de las matemáticas, porque esto ya ha sido realizado sobradamente, sino de deducir las leyes físicas a partir de principios lógico-matemáticos. El objetivo de las ciencias, según este enfoque es el de llegar a explicar todos los fenómenos observables por medio de una última causa lógico-matemática. Es un enfoque platónico-pitagórico, en el cual las causas últimas de las cosas son los axiomas y los números.

Hay varias maneras de demostrar la falsedad de este enfoque de la ciencia. Tal vez la forma más rápida es la facilitada por algunos grandes matemáticos

del siglo XIX como Riemann, Bolyai o Lobatschevsky. Estos autores demostraron que existen diversas geometrías igualmente válidas. El universo real se comporta de acuerdo con una de ellas, pero la razón o causa de esta elección no puede estar en ningún principio de la lógica matemática, ya que para la lógica matemática todas las geometrías son igualmente válidas u operativas. Por consiguiente el programa de matematización de la ciencia es imposible, es una vana ilusión. La última causa de las cosas no es matemática.

Todavía quedaba la esperanza de que la matemática pudiera explicar alguna ley natural. Eso sería una matematización incompleta. Los racionalistas están plenamente convencidos de ello. Pero de nuevo se hace inevitable la decepción. La matemática y la lógica son disciplinas condicionales. Parten de enunciados del tipo: “si ocurre tal cosa, entonces tal otra”. Nunca pueden llegar a un enunciado de hecho (como los de la ciencia) que diga: “ocurre o ha de ocurrir tal cosa”. La matemática es descriptiva, no explicativa de los fenómenos. Si se conocen varios puntos de la trayectoria de cierto cuerpo que se mueve a velocidad conocida y un matemático logra hacerlos encajar en la lemniscata de Bernouilli, ese mismo matemático, podrá prever donde se encontrará ese cuerpo al cabo de cierto tiempo. Por mucha utilidad que pueda tener esta hazaña, no da ninguna explicación de la causa de este movimiento.

La matemática y la lógica son instrumentos de la filosofía y de las ciencias, pero nunca son un fundamento del saber fáctico. Ninguna ley física puede deducirse a partir de puros símbolos y axiomas.

Ahora bien, tampoco es verdad que la matemática no pueda ser una guía en el descubrimiento de nuevas leyes aplicables al mundo real. La existencia del bosón de Higgs no puede demostrarse matemáticamente, pero en cambio ha sido prevista por un método puramente matemático (aunque partiendo de datos y principios físicos). No se trata de algo análogo al descubrimiento de Neptuno. Allí no se descubrió una nueva ley física ni tampoco un nuevo tipo de ser, sino que se previó un tipo de ser como otros ya conocidos, que hacía posible la legalidad de la gravitación ya establecida. Fue una hipótesis ad hoc, al igual que la hipótesis de la existencia del neutrino, o como la existencia de monopolos magnéticos.

En la actualidad el teorema de Noether, las teorías Gauge y la misma teoría de la relatividad permiten hacer predicciones para el mundo real a partir de especulaciones matemáticas, aunque partiendo de datos y principios físicos. En todos estos casos se parte del principio de invariancia del

operador lagrangiano de un sistema bajo la acción de las simetrías o de los cambios de coordenadas, para demostrar nuevas leyes físicas, como son las de la conservación de la energía o las de la existencia de ciertos tipos de partículas de interacción física o de la relatividad del espacio y del tiempo.

La matemática sirve para algo más que para hacer cálculos sobre trayectorias. Sirve para crear hipótesis sobre la existencia de nuevas leyes y entes en el mundo real.

Pero estas hipótesis se basan en principios de simetría y de orden, es decir, de aquello que constituye la base objetiva del sentimiento de belleza. Como vieron Einstein, Poincaré y muchos otros, los principios rectores de las ciencias básicas son de carácter estético. Detrás de las ecuaciones que rigen los modelos matemáticos de la realidad ha de haber una causa última (una voluntad) que “dé fuego”, en expresión de Hawking, a estas expresiones, por razones estéticas y de utilidad. Los científicos no hacen otra cosa que indagar sobre este pensamiento estético de Dios, como observa Hawking, y éste es el verdadero objetivo de la ciencia.

II. Metodología de la ciencia

La metodología de la ciencia vuelve a cuestionarse al comprender que las leyes últimas de la naturaleza obedecen más bien a causas finales (de estética y utilidad) y que por tanto no son del dominio de la ciencia sino de la filosofía. Se plantea entonces ¿Qué pretende la ciencia?, ¿Cuál es su finalidad? Si no se puede llegar hasta el final (a las causas últimas) entonces todos los pasos anteriores son objetivos de la ciencia. Se revitaliza el concepto descriptivo (positivista) de la ciencia, sin necesidad de adoptar la postura positivista en filosofía.

Durante mucho tiempo dominó la idea de que las ciencias particulares operaban con metodología inductiva, mientras que la filosofía y las ciencias formales eran deductivas. Kart Popper en su obra “La lógica de la investigación científica”, revolucionó el campo epistemológico eliminando el inductivismo. Sentenció que no existe ni lógica inductiva ni método inductivo; que el método de la ciencia es deductivo (deductivismo) y, concretamente hipotético deductivo. La contrastación científica se realizaba únicamente mediante falsación y cualquier enunciado científico debía caracterizarse por su falsabilidad, es decir, por su posibilidad de ser falsado. Los enunciados no falsables no eran científicos sino metafísicos.

El éxito del sistema popperiano fue rotundo. En la actualidad en las universidades está prohibido comenzar una investigación sin una hipótesis de partida. Se ha llegado a decir que no existe ciencia sin hipótesis de partida., lo cual, como veremos es falso y proviene de una simple confusión entre los términos “problema” e “hipótesis”.

Pero estos descubrimientos modernos tan espectaculares de la física de partículas nos llevan a cuestionar en algunos puntos el sistema de Popper.

Para empezar el mismo Popper admite que los enunciados estrictamente existenciales no son falsables, y por tanto no deben considerarse científicos, sino metafísicos. Así que el enunciado: “existe el bosón de Higgs”, al ser existencial no debería ser considerado un enunciado científico. No es un enunciado falsable. ¿Cómo podría falsarse? Algunos autores han insinuado que este tipo de enunciados podrían falsarse a través de algunas de sus consecuencias, pero en realidad la falsación de un simple enunciado de existencia (independientemente de donde y en qué condiciones se dé dicha existencia) sólo puede falsarse escaneando todo el espacio-tiempo y viendo que no existe en ninguna parte. Esto es imposible, porque no tenemos acceso al pasado.

Es verdad que Paul Dirac demostró que la existencia de monopolos magnéticos implicaba que todas las cargas eléctricas que hay en el mundo deberían ser múltiplos enteros de un valor de partida inversamente proporcional a la intensidad magnética del monopolo. Esta consecuencia de la existencia de monopolos parece que podría servir para falsar esta teoría, pero desgraciadamente esta demostración no especificaba cuál era este valor de base. Ahora se sabe que es un tercio de la carga del protón. Si no sabemos si es posible encontrar una consecuencia falsable, no podemos saber si el enunciado es falsable. Por lo tanto los enunciados existenciales o no son falsables o no sabemos si lo son; en otras palabras, según Popper, o no son científicos o no sabemos si lo son. Evidentemente Popper se equivoca. Su criterio de demarcación no es convincente. Muchas teorías científicas acreditadas, y el mismo Popper lo dice, son de tipo existencial. La teoría atómica moderna, por ejemplo dice que existen átomos. ¿Y cómo podríamos falsarla?

Por otra parte decir que la ciencia es esencialmente deductiva es falso y decir que es esencialmente hipotético deductiva también. Las deducciones pueden intervenir en el proceso científico como mecanismos previos a la contrastación, para hallar predicciones, pero cuando la ciencia opera

así, el énfasis recae en la hipótesis (que tiene valor heurístico), no en la deducción (que solo tiene valor para la contrastación). Hay muchos casos en que la hipótesis es inmediatamente contrastable sin necesidad de ninguna deducción. Veremos también que en muchos casos la ciencia opera sin hipótesis previa, y la hipótesis surge al final del proceso científico (a veces a estas hipótesis se las llama microhipótesis). También hay investigaciones científicas que descubren hechos o datos, como por ejemplo la búsqueda del peso atómico del plomo, o de la dosis mínima a la que es eficaz cierto medicamento.

En una cosa están de acuerdo todos los epistemólogos: en que la ciencia es empírica; es decir, en que todo su poder viene de la observación de los fenómenos. Las preguntas son sugeridas por observaciones y, en última instancia, las respuestas dependen de observaciones (simples o experimentales). Como sea que las observaciones originan enunciados singulares y la ciencia pretende enunciados generales, la vía científica procede de lo singular a lo general y por tanto es esencialmente inductiva, aun reconociendo que no existe ninguna lógica inductiva ni tampoco una lógica probabilística. Mario Bunge le da un valor a la inducción en lo que él llama pre-ciencia y en la contrastación científica de las hipótesis. Como veremos, esta pre-ciencia de Bunge en realidad abarca la mayor parte de la ciencia. El deductivismo de Popper no considera científica ni la anatomía, ni la botánica ni la química analítica ni muchas otras ramas de la ciencia que operan sin hipótesis previas, como veremos.

Tanto para el inductivismo como para el deductivismo, la ciencia no es segura y sus resultados son inciertos, pero, aun y así en determinados casos llega a tener un poder de convicción que equivale a una certeza.

Para no caer de nuevo en el racionalismo al que podría llevar el deductivismo hay que recordar que incluso en las investigaciones más teóricas de la historia como son las de la teoría de la relatividad de Einstein, el punto de partida fueron dos observaciones: la aberración de la luz estelar y las medidas de Fizeau relativas a la velocidad de la luz en el agua en movimiento. Curiosamente no fue el experimento de Michelson y Morley, que no se cita para nada en el artículo de Einstein de 1905.

Hacia los años 60 y 70 del siglo pasado hubo, como siempre ha sucedido en filosofía, un movimiento ecléctico que llevó a considerar que la ciencia no operaba siempre de la misma manera. Así por ejemplo el profesor A. Sanvisens Marfull de la Universidad de Barcelona consideraba que existían

tres vías metodológicas para la ciencia: la deductivo-axiomática (para las ciencias formales), la empírico-inductiva y la analógica (teoría de modelos) complementaria de las otras. Yo propongo que en la vía analógica podría incluirse el método hipotético (deductivo o no) y hacer extensiva esta clasificación a todo el conocimiento. Así podríamos hablar de tres métodos para el conocimiento en general: el método deductivo (propio de la filosofía y de las ciencias formales), el método inductivo (propio de gran parte de la ciencia) y el método analógico (propio tanto de la filosofía como de la ciencia, y que incluye el método hipotético (deductivo y no deductivo). Las hipótesis son aquí modelos físicos o matemáticos de la realidad, o imágenes de la misma.

III. Los grandes problemas de la ciencia

La ciencia opera de un modo o de otro según el tipo de problema que se plantea. Podrían clasificarse todos los problemas de la ciencia en diez grandes grupos:

- 1.- Causas inmediatas de los fenómenos
- 2.- Estructuras imperceptibles
- 3.- Mecanismos de acción imperceptibles
- 4.- Leyes del cambio, de la acción y del comportamiento. Variables que intervienen.
- 5.- Estructuras perceptibles
- 6.- Funciones de las estructuras.
- 7.- Efectos de los cambios y de las acciones
- 8.- Composiciones y ponderaciones.
- 9.- Mecanismos de acción perceptibles.
- 10.- Clasificaciones y búsqueda de nuevos grupos.

Los cuatro primeros problemas se abordan por la vía analógica, generalmente por el método hipotético deductivo. Los otros problemas se abordan por el método inductivo de observación y generalización. El problema 4, de las leyes, muchas veces comienza a tratarse por el método inductivo, pero para llegar hasta el final no siempre es suficiente una pura generalización, sino que suele hacer falta crear hipótesis.

Algunos ejemplos históricos bastarán para ejemplarizar la metodología de cada uno de estos diez problemas de la ciencia.

1.- Causas inmediatas de los fenómenos.

¿Cuál es la causa de la floración de las plantas del tabaco de Virginia? W. Garner y H. A. Allard en 1920 hallaron que el fotoperíodo era el factor decisivo, y propusieron como hipótesis que las plantas pueden medir el tiempo.

¿Cuál es la causa de la muerte de las ovejas por carbunco?. Robert Koch desde 1872 trabajando en este problema observó que las ovejas con carbunco tenían una especie de filamentos en su sangre que estaban ausentes en las ovejas sanas (este hecho ya era conocido). Esta observación le llevó a concluir inductivamente que aquellos filamentos eran o la causa o una consecuencia de la enfermedad. Así, gracias a una inducción Koch creó la hipótesis de que aquellos filamentos podrían ser la causa del carbunco y, según la teoría microbiológica naciente, era de esperar que aquellos filamentos estuvieran vivos, se reprodujeran y fueran capaces de contagiar la enfermedad. La investigación posterior de Koch que dilucidó la causa del carbunco siguió el método hipotético deductivo, en el que, curiosamente la hipótesis de partida se había concebido no por una extraña iluminación o intuición, sino gracias a una inducción.

2.- Estructuras imperceptibles

¿Cuál es la estructura del ADN? Después de un largo proceso inductivo en el que intervinieron muchos investigadores, J. Watson y F. Crick en 1953, utilizando modelos tridimensionales que tenían en cuenta todos los datos, visualizaron la estructura en doble hélice.

3.- Mecanismos de acción (y funcionamiento) imperceptibles

¿Cómo se duplica el ADN? Pensando en tres hipótesis posibles y utilizando isótopos radioactivos, en 1957 Meselson y Stahl dilucidaron que el mecanismo de duplicación era el llamado semiconservativo.

4.- Leyes del cambio, de la acción y del comportamiento. Variables que intervienen.

Las leyes de Mendel fueron descubiertas usando el método inductivo. Mendel hizo un análisis de carácter matemático de los resultados de unos experimentos planeados sin hipótesis previas. Después creó una hipótesis, la de la existencia de factores que se segregan durante la formación de los gametos. Esta hipótesis no fue la que encauzó los experimentos, sino que fue posterior a los mismos. No puede ser considerada una hipótesis heurística en el contexto del trabajo de Mendel.

La ley de la gravitación de Newton tiene una larga historia. Comenzó con las investigaciones científicas inductivas de Tycho Brahe. Siguió con descubrimiento de las leyes descriptivas de Kepler, utilizando hipótesis que eran modelos (círculos, círculos no centrados, óvalos y elipses). Kepler, en su genial obra científica, describió los fenómenos por medio de modelos, pero no buscó las causas de esos fenómenos. Fue Newton quien, por fin, interpretó las leyes en términos de causas introduciendo la hipótesis de una fuerza dirigida hacia el Sol, que daba cuenta de dichas leyes. Después de comparar los movimientos de los planetas con los de los satélites y con los movimientos de caída libre sobre la Tierra, propuso la hipótesis de la fuerza de gravedad que explicaba en términos causales toda la mecánica celeste. El problema es que la palabra fuerza equivale a la palabra causa (toda causa capaz de producir una aceleración en los cuerpos). Puede decirse por tanto que Newton no halló ninguna causa sino tan solo una ley nueva (de gravitación), un modelo nuevo que describía el comportamiento del cosmos hasta cierto punto. Ya sabemos que el modelo fue modificado substancialmente por Einstein.

La verdadera ley del espectro de radiación del cuerpo negro fue emitida por Max Planck en 1900, creando la revolucionaria hipótesis cuántica de la discontinuidad de la energía.

5.- Estructuras perceptibles

Tenemos aquí todos los problemas de la anatomía macroscópica y microscópica.

¿Cómo es la estructura del hígado humano? No hay que hacer ninguna hipótesis previa para descubrirlo, porque no sería una hipótesis heurística. Lo que hay que hacer es abrirlo y observarlo en muchos casos. Después se generaliza como es típico en el método inductivo.

6.- Funciones de las estructuras

¿Cuál es la función del cerebelo? Charles Lorry se hizo esta pregunta en 1760. Para descubrirlo no ideó ninguna hipótesis, porque no hubiera sido una hipótesis heurística. Fuera cual fuera la hipótesis, el experimento que debía hacer era el mismo: destruir el cerebelo de diversos animales y observar lo que sucedía. Notó que siempre se alteraba la coordinación de los movimientos, pero siguiendo vivo el animal. Luigi Rolando, posteriormente extirpó el cerebelo de animales de diversas especies y observó que nunca se daban afecciones ni en las actividades mentales ni en las sensoriales. La

investigación sobre las funciones de los órganos siempre comienza por el método inductivo. Ese método lleva a una hipótesis final que posteriormente en algunos casos debe contrastarse empíricamente usando alguna observación o experimento adicional.

R. L. Hill se preguntó si las células vegetales intactas son necesarias para que se desprenda oxígeno bajo la acción de la luz. Para resolver esta cuestión hubiera sido ridículo analizar las dos únicas hipótesis posibles: si y no. Tanto una hipótesis como la otra reclamaban el mismo experimento y por tanto no eran hipótesis heurísticas. Lo que hizo Hill fue obtener un extracto de las células y suministrar aceptores de electrones artificiales (ferricianuro) y observar qué sucedía. De esta manera averiguó científicamente, sin hipótesis previas, que la célula intacta no era necesaria.

7.- Efectos de los cambios y de las acciones

¿Cuál es el efecto de la temperatura, o de la intensidad de la luz, o de la concentración de dióxido de carbono sobre la intensidad de la fotosíntesis? Evidentemente, para resolver este tipo de preguntas no hay que hacer ninguna hipótesis previa. Hay que ir modificando cada uno de estos factores manteniendo constantes todos los demás y observar en cada caso el valor de la intensidad de la fotosíntesis. Así es como se han obtenido inductivamente una serie de curvas que responden a la cuestión y son de gran utilidad teórica y práctica.

¿Qué antibiótico es más eficaz contra cierta bacteria recién descubierta? De nuevo resulta ridículo anticipar hipótesis. Con perdón de Popper, lo que debe hacerse es un antibiograma.

8.- Composiciones y ponderaciones

¿Cuál es la composición química de la glucosa? No se recomienda a ningún químico que comience esta investigación haciendo infinitas hipótesis sobre cuál podría ser esta composición. No terminaría en toda su vida. No debe hacer ninguna hipótesis. Debe usar los procedimientos analíticos usuales para este tipo de investigaciones. Estos procedimientos le llevarán a la solución del problema inductivamente, como es de rigor.

¿Cuál es el punto de fusión del hierro? No debe empezarse probando hipótesis, ya que, de nuevo estas hipótesis serían infinitas y además no son heurísticas, es decir, no llevan al descubrimiento, no indican el tipo de experimento que debe hacerse. Hay que ir aumentando gradualmente la temperatura e ir observando atentamente hasta que el hierro comienza a

fundir. Eso nos dará el valor que buscamos. Luego debe repetirse el experimento por otros investigadores. Es el clásico método inductivo.

9.- Mecanismos de acción perceptibles

¿En qué orden se mueven las patas de un caballo cuando corre? Aquí hay que abstenerse de hacer hipótesis. Debe filmarse la carrera del caballo y luego correr la película a cámara lenta. Después de estas observaciones viene la inducción.

10.- Clasificaciones y búsqueda de nuevos grupos

En la mayor parte de los casos las clasificaciones se hacen sin hipótesis previas. Así se clasificaron a los seres vivos según diversos sistemas antes de que surgiera la hipótesis evolucionista. Evidentemente esta hipótesis determina modificaciones en las clasificaciones.

¿Qué es lo que puede verse mirando al microscopio una gota de agua de lluvia que cae por una cañería? Hacia la segunda mitad del siglo XVII Antón Van Leeuwenhoek se hizo esta pregunta. No hizo hipótesis ninguna. Miró simplemente a través de su lente y así fue como realizó uno de los mayores descubrimientos científicos de toda la historia: el mundo de los microorganismos.

La clasificación de los elementos químicos se hizo sin hipótesis previas. En todo caso había una hipótesis de carácter metafísico: la de que debía existir algún orden en aquel conjunto de elementos. Para la pregunta de si existía algún tipo de orden en los elementos que tenga que ver con la masa atómica, las dos posibles respuestas o hipótesis eran: si y no. No eran hipótesis heurísticas. Y los primeros clasificadores de elementos comenzaron tanteando. En 1869 Dmitri Ivanovich Mendeléiev y Julius Lothar Meyer propusieron tablas de los elementos basadas en las mismas esperanzas de encontrar algún orden relacionado con la masa atómica. Lo decisivo de la obra de Mendeléiev fue que cuando no conseguía colocar bien a los elementos según el sistema de su tabla, dejaba espacios vacíos y predecía que se descubrirían los elementos que correspondían a estos espacios con las propiedades deducidas de su lugar en la tabla periódica. Estas predicciones basadas en la hipótesis de la realidad del modelo de la tabla fueron confirmadas por la experiencia. No se puede decir, sin embargo que los nuevos elementos descubiertos (el galio, el escandio y el germanio) fueron hallados gracias a la predicción de Mendeléiev, sino sólo que sirvieron para confirmar la hipótesis de que la tabla periódica era real, es decir, que existía un orden real entre los elementos químicos, que tardaría aun mucho tiempo

en descubrirse. El descubrimiento de la tabla periódica no se realizó según el método hipotético deductivo sino que fue una generalización inductiva que desembocó en la hipótesis de la realidad de un orden involucrado en la tabla. Esta hipótesis se confirmó gracias a las predicciones deductivas de ella. Hay que darse cuenta de que el verdadero descubrimiento, el del orden subyacente relacionado con los niveles electrónicos, no fue un fruto de la tabla que ni siquiera estaba ordenada según el número atómico como en la actualidad, sino de descubrimientos posteriores. La tabla se descubrió por un método inductivo y se confirmó por una deducción. Este no es el esquema del método hipotético deductivo.

El descubrimiento de los isótopos se realizó también de forma inductiva en el gas neón, utilizando tubos de descarga, y obteniendo una figura de dos parábolas que sólo podían interpretarse como pertenecientes a átomos de neón con masas de 20 y 22. También se descubrieron de forma independiente por medio de estudios de radioactividad (F. Soddy, 1913). Mario Bunge, a mi modo de ver se equivoca al insinuar que el descubrimiento de los isótopos fue debido a una hipótesis ad hoc para salvar la teoría atómica contra la objeción de que la mayor parte de las masas atómicas no eran múltiplos enteros de cierta unidad elemental.

La mayor parte de los descubrimientos de elementos químicos se han llevado a cabo por el método inductivo, sin embargo el polonio y el radio fueron hallados por los esposos Curie, gracias a una hipótesis surgida después de una larga investigación inductiva. La hipótesis de los Curie era que en los minerales de uranio y torio existía algún elemento más radiactivo que ellos. Se utilizó un método hipotético no deductivo, porque aquella hipótesis era inmediatamente contrastable aplicando los métodos químicos ordinarios de aquel momento y midiendo la radiactividad de los precipitados.

IV. ¿De dónde surgen las hipótesis?

La cuestión es intrigante, ya que la búsqueda de hipótesis es un elemento importante de una buena porción de la ciencia, y por tanto forma parte del método de la ciencia. La verdad es que, tal como confiesan destacados científicos, no hay reglas fijas.

Mario Bunge se refiere a cinco vías de arranque de las hipótesis: analogía, inducción, intuición, deducción, y construcción. Algunas veces estas vías se realizan en procesos oníricos, como en el caso de Kekulé (para la

estructura del benceno). No podemos ocultar que muchas hipótesis han tenido un origen en postulados metafísicos e incluso teológicos, o en leyendas o en mitos. En ciertos casos una teoría errónea ha dado origen a una hipótesis correcta, debido a un fallo en la interpretación. En otros casos un postulado metafísico ha dado lugar a hipótesis científicas debido a una correcta interpretación. Ciencia y filosofía pueden enlazarse a este nivel.

Hemos visto que la hipótesis no es siempre necesaria en ciencia. Lo que sí es siempre necesario es la interrogación, la pregunta. El científico, igual que el filósofo, es aquel que sabe hacerse preguntas a raíz de observaciones. La pregunta intenta hacer encajar los hechos observados o considerados dentro de los esquemas teóricos, o, a veces es un producto de la curiosidad (¿qué pasaría si hiciera esto o aquello?, ¿qué hay aquí dentro?). Toda buena investigación debe ir guiada por una pregunta consciente o inconsciente. Las posibles respuestas a esta pregunta son las hipótesis. En ciertos casos las respuestas que encajan en el marco teórico del momento pueden ser muchas, indefinidas, tal vez infinitas. En otros casos pueden ser pocas, o incluso pueden ser sólo dos (sí y no). En estos últimos casos, la hipótesis de trabajo se traduce en una hipótesis nula de carácter estadístico (aquella en la que se admite que no hay diferencias entre el control y el tratamiento, y que por tanto los tratamientos no son eficaces). La hipótesis nula no guía la investigación, no es heurística en este sentido. De ella se calcula su probabilidad y ello sirve para contrastarla.

Cabe, sin embargo que haya solo dos posibles respuestas y que sea útil (o heurístico) hacer las dos hipótesis, ya que el sí y el no tengan en este caso repercusiones teóricas que no sean simplemente excluyentes, sino esencialmente distintas. Pongo el caso de la pregunta: ¿Cómo se propaga la luz? Hay dos posibles respuestas: de forma continua o de forma discontinua. La primera respuesta o hipótesis supone que la luz se propaga como un proyectil, recorriendo un espacio. La segunda respuesta supone que la luz ejerce su influencia de forma progresiva en toda una serie discontinua de puntos físicos del medio, sin recorrer espacios. Un movimiento clásico frente a un movimiento cuántico. La diferencia es teóricamente muy relevante y esas dos hipótesis excluyentes, tienen cada una su valor heurístico.

Alejandro Sanvisens Herreros
Instituto Jaume Salvador i Pedrol
asanvise@xtec.cat