

LA CIENCIA (UNA VISIÓN PERSONAL)

Lo que voy a presentar es una visión personal sobre lo que, en mi opinión, es un concepto esencial para el razonamiento crítico: la ciencia y su método. Como visión personal es sólo una opinión que espero que encuentre, amigo lector, estructurada y razonable. Opino que el conocimiento del método (sea éste el que sea) permite, tanto su aplicación de forma directa o como aproximada, tener una visión razonablemente crítica sobre los sucesos diarios que difícilmente pueden serlo sin él.

Una visión simplista de la percepción y el análisis puede verse, desde el punto de vista psicológico como la existencia de dos mundos: el "mundo exterior" y "mi mundo". El mundo exterior es la realidad tal y como es. "Mi mundo" es tan parecido al mundo real como lo permiten mis sentidos si y sólo si realizo un análisis crítico de mis percepciones. Éstas pueden ser engañosas o incompletas, tanto a través de mis sentidos como de forma instrumental.

Desde mi punto de vista, tal actitud crítica sólo se puede realizar teniendo un espíritu científico. Esta actitud consiste básicamente en aplicar el método científico a nuestras percepciones, mientras sea posible, o aproximarnos a dicho método tanto como podamos cuando la realización completa del método no sea posible.

Algunas características de la ciencia que son comunes a casi todas las concepciones posibles son las de *conciencia*, *claridad* y *precisión* en la declaración de hipótesis, teorías, modelos o leyes.

- La *conciencia* consiste en expresar las ideas de la forma más escueta posible, sin circunloquios que puedan empañar la transmisión de la idea.

- La *claridad* implica que el lenguaje utilizado no puede contener ni prejuicios personales ni ambigüedades que permitan diferentes interpretaciones de la misma afirmación.

- La *precisión* implica que nuestra afirmación debe referirse a un conjunto de sucesos claramente definidos en un marco físico bien definido.

La pregunta que nos podemos realizar es ¿se puede exigir a la definición de lo que es ciencia las mismas características que a la propia ciencia? Realmente, al hablar de lo que es, lo que estamos utilizando es un metalenguaje. Ningún metalenguaje tiene por qué tener las mismas características que el objeto sobre el que habla. Sin embargo,

creo que estas características pueden ser exigibles de forma genérica y sobre todo a la epistemología (la epistemología es la rama de la filosofía cuyo objeto de estudio es el conocimiento, especialmente el científico).

Una de las características básicas de la ciencia es su *fiabilidad*. Esta fiabilidad no es la fiabilidad técnica en lo que se refiere a las garantías de un buen funcionamiento del sistema que se trate. La fiabilidad científica determina que una

La fiabilidad científica es fiabilidad absoluta, no permite un solo error. Uno solo puede exigir una revisión completa de una teoría

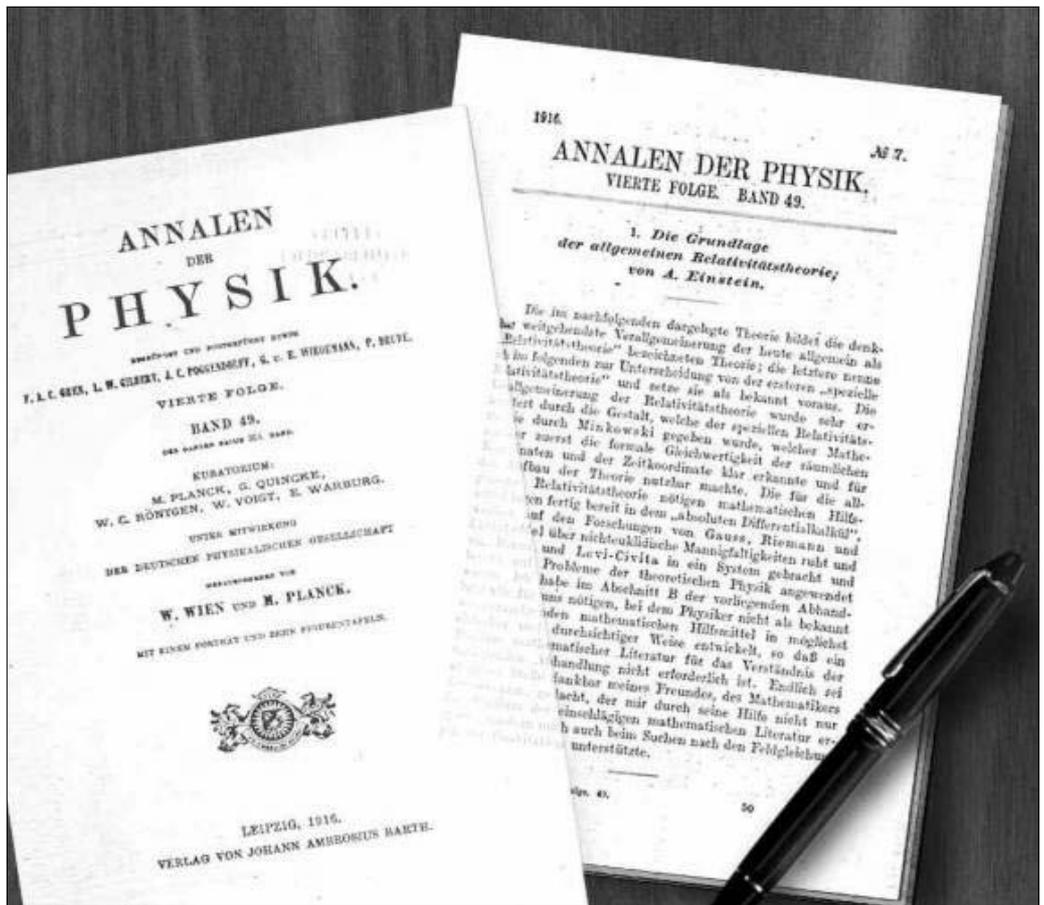
estructura teórica es fiable en la medida en la que explica los sucesos naturales y permite predecirlos correctamente. Esta condición de fiabilidad es mucho más estricta que la puramente técnica en la que fallos suficientemente infrecuentes permiten asegurar una alta fiabilidad del sistema. La fiabilidad científica es fiabilidad absoluta, no permite un solo error. Uno solo puede exigir una revisión completa de una teoría.

Es fácil estar de acuerdo, en cualquier caso, en que la ciencia tiene como elemento esencial no sólo la fiabilidad, sino también la *inferencia*. Existen dos tipos de inferencias: la *inducción* y la *deducción*. La inducción consiste en remontarse desde los casos particulares a las leyes generales y la deducción es el proceso inverso.

Durante mucho tiempo se pensó en que la inducción era el método científico por excelencia, gracias al cual se pasaba de la experiencia a las leyes y de éstas a las teorías. Aunque muchas veces esta sea la *praxis*, la realidad es que las teorías así realizadas están fuertemente influenciadas por las preconcepciones de los investigadores.

Por ejemplo, mediante balanzas y pesas no podemos determinar si la masa es una magnitud escalar o vectorial ni de cómo se relaciona con el peso, de tal forma que cualquier elección a partir de los hechos (medidas) determinados por las balanzas está forzosamente influida por los prejuicios de los científicos. La medición es sólo significativa científicamente si disponemos de la teoría que permita construir los instrumentos e interpretar sus datos. Sin embargo, la inferencia deductiva tiene un comportamiento lógico mucho más fuerte.

Para explicarlo creo que lo mejor puede ser un ejemplo. Planteemos una hipótesis: "Todos los animales vuelan". Deducimos de esta hipó-



Artículo de Einstein, publicado en la revista científica Annalen der Physik en 1916, sobre la Teoría General de la Relatividad (Archivo)

La ciencia tiene como elemento esencial no sólo la fiabilidad, sino también la inferencia

tesis que los pájaros, que, evidentemente son animales, vuelan. Y lo comprobamos experimentalmente. Hemos demostrado que la hipótesis es cierta. Este ejemplo permite ver la regla lógica que dice que de una falsedad pueden deducirse consecuencias verdaderas (la verdad del consiguiente no se sigue del antecedente). Pero este método va más allá, porque, a pesar de esta debilidad, el método se refuerza con la experimentación porque basta un sólo caso para demostrar la falsedad del antecedente. De ahí la provisionalidad de las teorías.

Una vez esbozado el método científico y antes de entrar en una definición más rigurosa de ciencia voy a plantear unas cuantas definicio-

nes que son necesarias para interpretar correctamente las afirmaciones siguientes. Estas definiciones pueden no coincidir con la definición común de las palabras a utilizar. En lugar de estas palabras podría utilizar un conjunto de asignaciones como: certeza="x" o verdad="1", sin embargo, eso convertiría a este texto en algo engorroso y difícil de seguir por personas no habituadas a este tipo de lenguaje. Veamos dichas definiciones:

— *Verdades*: son afirmaciones incontestables sobre las que no se puede verter duda alguna. El ejemplo típico es $2+2=4$ en base mayor que 4. Es algo incontestable. Es más, podríamos reducirlo a $|| + || = ||||$ puesto que con palotes (cosas) ya no dependemos de ninguna base. Por desgracia, esta definición sólo permite realizar afirmaciones con esta cualidad de "ver-

dad" dentro de los lenguajes formales.

— *Certezas*: son afirmaciones seguras. Sobre estas afirmaciones se pueden plantear dudas que las ponen a prueba. El ejemplo es, si estando en la superficie de la Tierra suelta una piedra esta cae con movimiento acelerado hacia el centro del planeta. Estoy seguro de que sucederá, sin embargo no es algo incontestable. Más adelante veremos que si no realizamos esta afirmación con suficiente precisión no tiene ni tan siquiera la cualidad de certeza.

— *Falsedades*: son afirmaciones que son contradictorias con observaciones del mundo físico.

o *Falsación*: es el proceso por el cual se demuestra que una afirmación es falsa.

o *Falsabilidad*: es una propiedad de las afirmaciones. Las afirmaciones *falsables* tienen la propiedad de que es posible diseñar experimentos en los que una respuesta determinada podrían falsar la afirmación. No hay que confundir esta capacidad con el hecho de la *falsación*.

El criterio de *falsación* es un criterio de demarcación. Es decir, es una frontera entre aquellas afirmaciones que, con seguridad, no pueden ser llamadas científicas del resto. Como criterio de demarcación nos sirve para eliminar un conjunto de afirmaciones que no tienen el carácter de científicas.

Las afirmaciones científicas nunca son verdaderas, sólo son ciertas. Pero son ciertas sin duda alguna. Es decir, las predicciones que se deducen de las teorías científicas siempre son ciertas. Sin embargo, puede suceder que alguna vez, estas predicciones no se cumplan

(dado que carecen de la cualidad de ser ciertas). Si esto sucede, se pone en marcha el método científico para determinar si el suceso esperado en cuestión no ha tenido lugar por causas que no han sido tenidas en cuenta. Si no es así, el suceso en cuestión niega toda la teoría.

El criterio de demarcación no es ni más ni menos que el *modus tolens* del método hipotético-deductivo-experimental. Sólo un experimento negativo sirve para derrocar una teoría. Este método determina exactamente lo que es el conocimiento científico de lo que no lo es. Cualquier afirmación que sufra este proceso puede cali-

ficarse como afirmación científica. Pero, ¿cómo se aplica este método? A partir de observaciones (lo más común), conjeturas, uso de drogas, sueños, intuiciones o cualquier otro método se genera una hipótesis. Desde las hipótesis, y utilizando las herramientas lógico-matemáticas, se lleva a cabo un conjunto de deducciones derivadas de estas hipótesis, que permite generar un amplio conjunto de predicciones. Las predicciones deben ser comprobadas poniendo a prueba a la tozuda naturaleza en condiciones controladas. Si los experimentos concuerdan con las predicciones y la hipótesis es *falsable* entonces estamos ante una afirmación científica. Los experimentos son las evidencias necesarias para confirmar las hipótesis.

En muchos casos, se confunde la experimentación con la observación. La observación, en general, no es un experimento pues carece

de los elementos de control necesarios para que ninguna condición extraña interfiera en los resultados, tanto para dar resultados incongruentes con la predicción como falsamente congruentes. No son, en si mismas, pruebas de nada sólo, como diría un abogado, pruebas circunstanciales. Muchas hipótesis que de forma común solemos calificar como científicas están basadas en observaciones, multitud de observaciones, sin

Si los experimentos concuerdan con las predicciones y la hipótesis es falsable entonces estamos ante una afirmación científica. Los experimentos son las evidencias necesarias para confirmar las hipótesis

embargo, en sentido estricto, no son afirmaciones científicas. Más adelante analizaré la calidad de estas afirmaciones que, sin ser

científicas, son, muchas veces, grandes avances de conocimiento.

Como ya hemos comentado la ciencia es provisional, pero también es cierta. Esto permite asegurar que la concepción científica de la naturaleza es cierta, que nos va a permitir interpretarla y predecirla pero que, tal vez, algún día dicha certeza desaparezca solamente por un hecho y que haya que reconstruir dicha certeza en unas nuevas condiciones.

Por otro lado, toda la ciencia se construye sobre una inducción como es la de que el espacio es isótropo, es decir, que en cualquier punto del Universo, las teorías seguirán prediciendo los comportamientos de la misma forma y los experimentos resultantes darán el mismo resultado. Esta inducción es absolutamente indispensable para la ciencia puesto que si no se admite la isotropía, la ciencia se

convierte en un conocimiento local y carente de validez más allá del lugar en el que se realizan los experimentos. Dada la experiencia, es muy razonable aceptar dicha inducción como base de toda la ciencia.

Aquí podría acabar mi exposición sobre lo que es y no es ciencia. De forma resumida podría

decirse que la ciencia es el conocimiento cierto. El método de la ciencia es el método hipotético-deductivo-experimental y que el criterio de demarcación nos permite determinar *a priori* qué afirmaciones no son científicas. Sin embargo, ante una afirmación tan dura es necesario realizar muchas consideraciones y puntualizaciones que iré desgranando en los siguientes párrafos.

Las hipótesis que superan todo el proceso del método científico se convierten en una teoría (o varias). Pero las teorías científicas cambian con el tiempo, nuevas teorías sustituyen a las antiguas. ¿Cómo puede casar esto con la afirmación de que las teorías son ciertas? Es relativamente sencillo: la certeza de las teorías nos permite estar seguros de que las predicciones se van a cumplir, sin embargo, si un suceso niega una hipótesis quiere decir que esta hipótesis era incompleta o, en el caso peor, completamente errónea.

A lo largo de la historia de la ciencia, pocas teorías han sido erróneas y la inmensa mayoría eran simplemente incompletas. En estos casos, las nuevas teorías deben incluir a las antiguas como

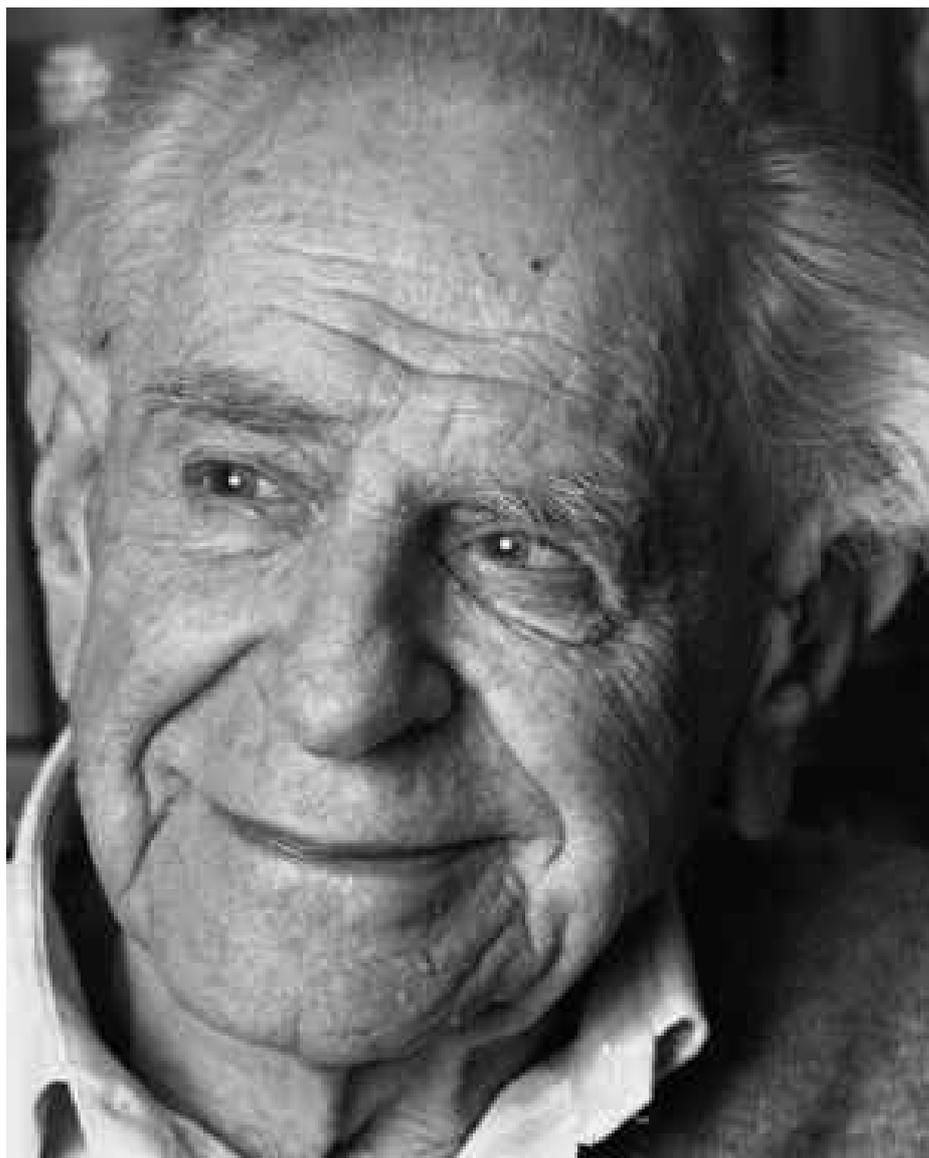
teorías ciertas en condiciones restringidas. Este es otra de las cualidades de la ciencia. La ciencia es acumulable, de tal forma que los nuevos conocimientos no niegan completamente a los anteriores sino que los complementan, amplían y generalizan.

Un ejemplo típico puede ser la *Teoría General de la Relatividad* frente a la *Teoría de Gravitación Universal*. La segunda se cumple en condiciones de campo gravitatorio pequeñas como aproximación de

la primera, más general pero más compleja. En muchísimos casos, nos sobra con la *Teoría de Gravitación Universal* para realizar predicciones lo suficientemente buenas como para que el error cometido sea menor que la precisión de nuestra medida del fenómeno.

Algunas veces, en el quehacer científico aparecen nuevas hipótesis para fenómenos para los que ya existen teorías científicamente correctas. En estos casos las teorías entran en competencia en algo que se podría hablar de una especie de "supervivencia de la más apta". La más apta será la que sea capaz de ser más congruente con

El método de la ciencia es el método hipotético-deductivo-experimental y el criterio de demarcación nos permite determinar a priori qué afirmaciones no son científicas



Karl Popper (Archivo)

otras teorías, más amplia o más simple.

Además de las teorías, tenemos leyes y modelos. Las leyes son sólo expresiones del conocimiento experimental. Sucesos que se cumplen en ciertas condiciones de forma regular. Basta con recordar la ley de Ohm como ejemplo práctico. Esta ley sólo se cumple para metales y dentro de ciertas condiciones físicas. Respecto del método científico faltan las hipótesis y la deducción se obtiene como regularidad a partir de los experimentos (dirección contraria). Algunas leyes, con el tiempo, sirven para generar hipótesis que son capaces de resistir todo el proceso científico. En estos casos las leyes pasan, por sí mismas, a ser teorías.

Los científicos llaman modelos a dos cosas distintas. Los modelos en sentido estricto son explicaciones conceptuales de las observaciones que sirven para comprender procesos físicos. Se utilizan cuando se carece de los métodos matemáticos necesarios para realizar deducciones de forma lógico-matemática y, por tanto, cuando se es incapaz de predecir. Sin embargo, estos modelos sí que se ajustan a las observaciones que se tienen de la naturaleza y por tanto son muy buenos métodos para adquirir

conocimiento. En estos casos lo que falla es el elemento deductivo-predictivo del método.

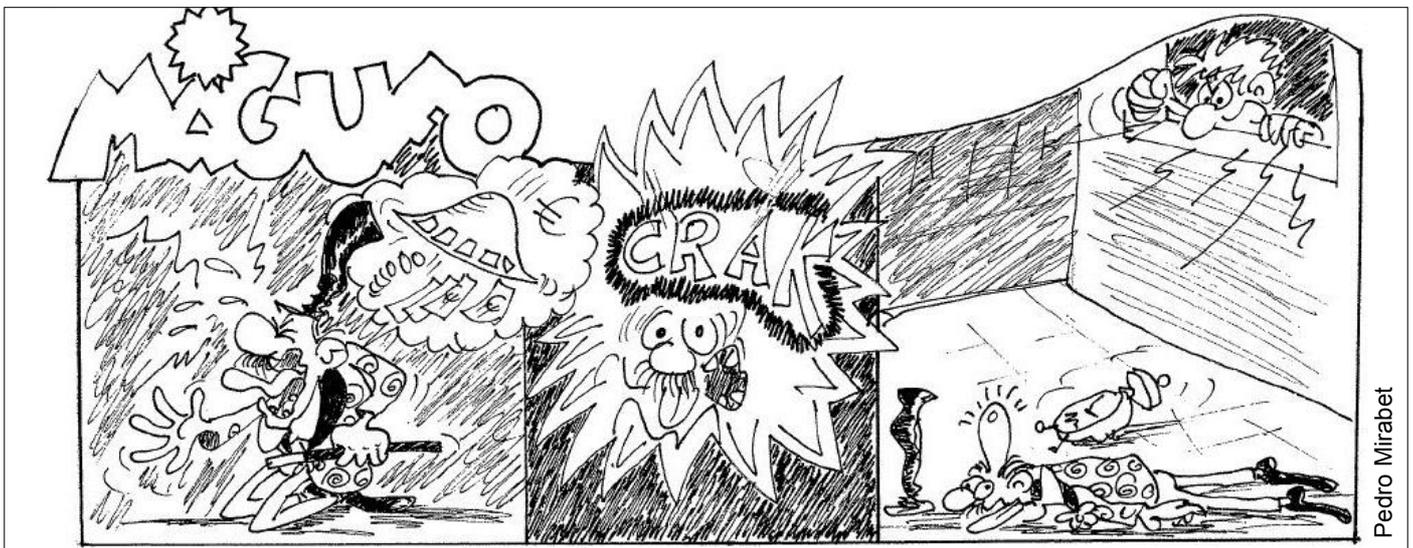
También se aplica la denominación de modelos a aquellas afirmaciones que permiten ser ejecutadas como si del método científico se tratase pero en el que, en lugar de experimentos sólo se dispone de observaciones. En esta situación, llamarlo teoría es realmente arriesgado por los motivos que ya he expuesto anteriormente. Con el tiempo, nuevos aparatos matemáticos o tecnológicos permiten solventar las dificultades que tenían los modelos para ser teorías y pasan a serlo tras sufrir todo el proceso conceptual que debe seguir una teoría.

Tanto las leyes como los modelos son elementos necesarios en el desarrollo de la ciencia. No son conocimientos ciertos en sentido estricto, pero un modelo que explica de forma suficientemente general las observaciones -cuando éstas son muy numerosas- lo convierte en el conocimiento más próximo al científico de los que se puede disponer. Las leyes son tecnológicamente muy útiles, aunque sólo la expresión del conocimiento puramente empírico permite que la técnica continúe avanzando.

Hasta ahora no he hablado de ninguno de los *corpus* del conocimiento y creo que ya va siendo hora. El método científico se ajusta muy bien a conocimientos como la física o la química; se ajusta peor a la biología, la psicología o la filología; muy mal a la historia o a la filosofía; y no se ajusta -o lo hace pésimamente- a la literatura o la música. Hablando de los *corpus* del conocimiento se hacen generalizaciones que incurren en agravios. Éstos son calificaciones basadas en la proporción de afirmaciones de cada uno de los *corpus* que pueden ser consideradas como científicas y no al carácter del campo en concreto.

Todos estos conocimientos son perfectamente válidos para el avance de la humanidad y sólo unos pocos son científicos. Entonces ¿para qué sirve el método científico? El método científico sirve para delimitar qué afirmaciones permiten realizar predicciones seguras y cuáles son más o menos dependientes de la situación, la opinión, las culturas, las tendencias estéticas, etcétera.

Eloy Anguiano Rey



Pedro Mirabet