
PIERRE DUHEM: TEORIA Y EXPERIMENTO EN FISICA

CARLOS DELFINO GALLES

Departamento de Física - Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de Mar del Plata

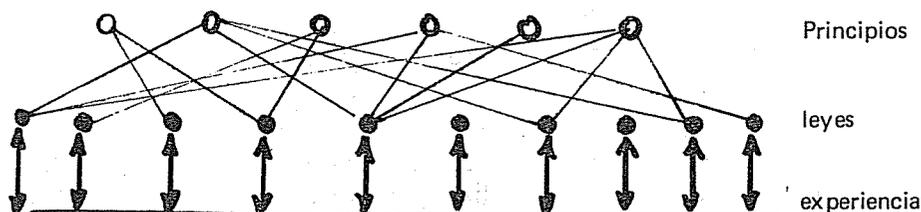
Todos quienes han dedicado algún tiempo al estudio de la Física pueden recordar la insatisfacción que sufrieron al no encontrar entonces la esperada explicación exhaustiva y final del mundo de los fenómenos naturales. Los físicos se rehusan sistemáticamente a intentar remontarse a las causas y en sus textos parecen contentarse con la deducción de las leyes experimentales, siguiendo una lógica estricta, a partir de un cierto conjunto de axiomas cuya motivación y necesidad no es la mayor parte de las veces fundamentada en forma convincente. En un espíritu crítico esta situación provoca numerosas inquietudes. ¿Cuál es el objeto de la Física? ¿Qué parte de la realidad logramos aprehender por medio de los esquemas que esta ciencia nos brinda? ¿Es ponderable el contenido de verdad de una teoría física? ¿Podemos atribuir la ejecución de un método riguroso a las investigaciones que hacen los físicos? El físico y epistemólogo francés Pierre Duhem (1861-1916) analizó estas cuestiones en una obra densa y profunda, en la cual apeló tanto a su experiencia de brillante investigador como a la enorme cantidad de datos que suministra la Historia de la Física en cuanto al surgimiento, apogeo y declinación de las teorías.

Las páginas que vienen a continuación siguen el hilo de sus ideas y sólo pretenden servir a modo de presentación de las mismas.

No cabe duda de que el primer paso para dar una respuesta adecuada es el de discernir con claridad el objeto de las teorías físicas. Duhem plantea y discute dos propuestas antagónicas: la teoría física es una explicación de las leyes experimentales, o, por el contrario, es sólo una clasificación, un ordenamiento lógico, de esas leyes. Ante estas opciones Duhem afirma sin vacilar que "una teoría física no es una explicación. Es un sistema de proposiciones matemáticas deducidas de un corto número de principios, que tienen el propósito de representar de la forma más simple, más completa y exacta, un conjunto de leyes experimentales". De esta manera, al eludir una explicación final, con carácter de inevitable, se intenta evitar la necesidad de una metafísica y los condicionamientos consiguientes.

Un cuadro, que tomamos de Einstein, ayuda a comprender el proceso de formación de una teoría física.

Luego de una primera aproximación en la que son identificadas las magnitudes físicas y la forma de medirlas, se pasa a la formulación de las hipótesis a priori, sobre las cuales se levanta a continuación el edificio matemático de la teoría; finalmente los resultados alcanzados son confrontados con la experiencia. La línea de puntos a la izquierda se refiere al incierto origen de los principios. Ellos son el fruto de



la experiencia en interacción con quien formula la teoría, pero no surgen por ningún mecanismo predeterminado. Una misma serie de experimentos provoca asertos distintos según quien sea el que aprecie los resultados.

El halo de esplendor que rodea a los sucesos de la Física moderna, su poderosa influencia en la sociedad por medio de las innovaciones técnicas, favorece la aceptación de las teorías como el fin último de toda investigación. Cabe preguntarse sin embargo si no lograríamos una descripción de nuestros conocimientos experimentales con la sola enunciación de las leyes que implican, sin buscar una fundamentación teórica. Esta actitud es aceptable en principio, pero nos privaría de la clasificación y síntesis de los conocimientos que la teoría hace en forma inmediata, y de la economía así obtenida. No se debe olvidar que es inevitable que ese orden teórico nos parezca ser el trasunto de un orden real y esa sensación es el motor esencial de la búsqueda intelectual. Es difícil imaginar un científico que pueda estar complacido en su fuero íntimo solamente con las listas de valores numéricos aportados por los aparatos de medición, las cuales son siempre un pálido e incompleto reflejo de la realidad, sin sentir la necesidad imperiosa de incorporarlas en un esquema más amplio que abarque, conecte y encuadre los resultados experimentales.

Por otra parte, y es esta su manifestación de mayor utilidad heurística, la teoría no se limita a seguir a la experiencia, sino que muchas veces la anticipa, siendo una excelente prueba buscar en el laboratorio lo que ha sido deducido teóricamente. A este respecto es oportuno recordar un episodio histórico acaecido poco después de la formulación de la teoría ondulatoria de la luz por parte de Fresnel. Valiéndose de las integrales de este último, Poisson realizó un cálculo cuya conclusión era un hecho manifiestamente contrario al sentido común (al de la época al menos): tras un disco opaco iluminado debía encontrarse una mancha luminosa en el centro de la sombra proyectada en una pantalla. La experiencia fue hecha en el laboratorio por Arago comprobándose que la zona luminosa en verdad existe.

Algunas veces la verificación experimental de las previsiones teóricas puede demandar una búsqueda larga y costosa. La unificación de las interacciones débiles y electromagnéticas

es un ejemplo actual de una elaboración teórica de elevada complejidad en la que colaboraron científicos de varios países; los más destacados, Glashow, Weinberg y Salam fueron galardonados en 1979 con el Premio Nobel. Sin embargo, las partículas de gran masa responsables de la interacción débil, y sobre la existencia de las cuales reposa la teoría, sólo fueron vistas algunos años después.

Para observarlas se recurre a choques frontales protón - antiprotón con una energía total en centro de masa de 540 Gev; las experiencias están siendo realizadas en el acelerador de protones del CERN, en Ginebra, y hasta el momento se han obtenido medidas que asignan una masa de 80 Gev a los bosones intermedios cargados W^+ y W^- y alrededor de 90 Gev al bosón neutro nominado Z. Estas partículas sólo viven alrededor de 10^{-20} segundos y no dejan una traza visible en los detectores; ellas son, por lo tanto, inferidas de sus productos de desintegración. Los valores medidos concuerdan con los previstos teóricamente con mucha exactitud, no cabiendo dudas de que el poder de previsión de las teorías se ha mostrado en este caso en forma espectacular.

La práctica cotidiana indica entonces que es la experiencia el juez supremo que certifica la corrección de todo el edificio de principios y desarrollos deductivos que forman una teoría física. Pero es interesante preguntarse si es posible plantear situaciones experimentales que pongan a prueba por separado cada uno de los principios que sustentan una teoría; de esta forma se podría llevar a cabo una selección entre ellos, eliminándose los no conformes al resultado de laboratorio.

Para intentar responder a esta pregunta es conveniente estudiar con cuidado qué es lo que un físico hace al experimentar. En primer lugar señalemos que la medición en sí es siempre indirecta: la magnitud a medir puede ser la variación de entropía de un cristal o el spin de una partícula elemental, pero siempre, en todos los casos los aparatos sólo indican números sobre escalas graduadas. Es el enfoque teórico el que atribuye a la lectura de estas cifras un significado al expresar finalmente el resultado de la experiencia en un juicio abstracto y simbólico.

Profundizando a este respecto, Duhem puntualiza que no existe una correspondencia unívoca entre los hechos prácticos y las afirmacio-

nes teóricas. La descripción técnica de una experiencia contiene la lista de los aparatos utilizados, las condiciones exteriores, la secuencia de mediciones, los valores numéricos obtenidos junto con el error de medición que se les atribuye; el todo expresado en un lenguaje apropiado y preciso que describe una determinada operación ejecutada con objetos bien definidos. Es justamente este severo protocolo el que separa a la descripción técnica de la científica, pues una frase científica puede traducirse en hechos, llevarse a la práctica, de muchas formas diferentes. Así como el experimento no tiene tanta certeza como un suceso de la vida común, pero si contiene más detalles que aseguran su descripción y la posibilidad de repetirlo, el informe del físico tiene interés no por la descripción técnica sino por la interpretación que se da de los hechos en términos teóricos. Esta exposición, donde se idealiza lo acaecido en el laboratorio, contiene la información necesaria para montar otra manipulación experimental que, aunque distinta a la primitiva (y también radicalmente distinta), reproduzca y someta a prueba el mismo esquema teórico.

La teoría aparece por lo tanto al plantear la experiencia y al finalizarla, cuando le corresponde atribuir un significado a los valores empíricos obtenidos. Si estos resultados indican que la teoría no está de acuerdo con la naturaleza de los fenómenos que se estudian, si no es posible describir el comportamiento de los propios parámetros prefijados por el experimentador al delimitar el marco teórico del experimento, es que ha llegado el momento de modificar los axiomas para intentar construir una teoría más acorde con la realidad, o si preferimos esquivar esta última palabra quizás sea conveniente limitarse a decir "más acorde con las observaciones de laboratorio". El fracaso de la teoría no implica la condenación inmediata de ninguno de sus axiomas, pues estos no son puestos a prueba en forma individual sino que el experimento decide sobre el sistema que todos los axiomas en conjunto conforman. El viejo ideal del "experimentum crucis", aquel con el que Bacon planeaba clasificar los principios, no es alcanzable pues en Física no se puede nunca excluir una tercera posibilidad. Estas ideas son magistralmente enunciadas por Duhem al decir:

"Tratar de separar cada una de las hipótesis de la física teórica para someterla a ella sola a la

experimentación es como perseguir una quimera porque la realización de cualquier experiencia implica la adhesión a un conjunto de presuposiciones teóricas. El único control posible es el de confrontar el conjunto completo del sistema teórico con el conjunto de las leyes experimentales".

"Hemos aquí muy lejos del método experimental tal como lo conciben espontáneamente las personas extrañas a su funcionamiento. Se piensa comúnmente que cada una de las hipótesis de las que la física hace uso puede ser tomada aisladamente, sujeta al control de la experiencia, después, cuando pruebas variadas y múltiples han comprobado su valor, asentarla de manera definitiva en el sistema de la física. En realidad no es así; la física no es una máquina que se deje desarmar, no se puede ensayar cada pieza aisladamente y esperar, para ajustarla, que su solidez haya sido minuciosamente controlada; la ciencia física es un sistema que debe tomarse entero; es un organismo del que no se puede hacer funcionar una parte sin que sus partes más alejadas entren en juego, unas más, otras menos, pero todas en algún grado; si alguna incomodidad, si alguna desazón se revela en este funcionamiento, es por el efecto producido en el sistema entero como el físico deberá adivinar el órgano que necesita ser compuesto o modificado, sin que le sea posible aislar este órgano y examinarlo aparte".

Por otra parte la respuesta positiva de una experiencia no implica la corrección de la teoría que la ha propuesto. Sólo la hace más probable, más confiable para el investigador; pero bien pudiera ser que otra teoría también rindiese cuenta del mismo fenómeno. La decisión entre ambas se podrá tomar cuando se mejore la calidad de la medición de laboratorio, si es que se juzga prudente insistir con la misma experiencia, o bien al plantearse una experiencia distinta para la cual las teorías en pugna prevean resultados diferentes. Puede suceder también que una de las teorías admita la posibilidad de un cierto fenómeno mientras que la otra lo niegue, lo que da pie a una experimentación decisiva donde tendrá importancia mayúscula la mera aparición del hecho, sin interesar mayormente la precisión de la medida. Es esta lucha conceptual, abstracta, que tiene a la experiencia como instancia final y definitiva, la que constituye la esencia de la verdadera investigación.

Y es la creencia adicional de Duhem, no demostrable por supuesto, que este esfuerzo intelectual, donde colaboran el estricto pensamiento deductivo, la ejecución más pragmática, y la intuición más imprevisible que formula los principios, se aproxima gradualmente a una "clasificación natural de los fenómenos", estética y filosóficamente fin último de la actividad científica.

El trabajo del científico verdaderamente creador implica entonces una constante compulsión de los presupuestos teóricos. Es de advertir, no obstante, que esto no es siempre apreciado ni a veces comprendido. Este olvido puede tener su raíz en las especiales condiciones en que se practica la investigación científica en nuestra era industrial; la división de la tarea entre quienes preparan la experiencia en su faz práctica y quienes elaboran los desarrollos lógico-matemáticos, la presión exterior que solicita resultados para la pronta aplicación técnica, provocan, salvo en los casos más felices, una restringente especialización a ultranza que bloquea la meditación pausada. Se encuentra así que no pocos de quienes se dedican al quehacer científico parecen creer que las teorías pertenecen a un ámbito remoto, enteramente dependiente, y a posteriori, de la labor experimental, asemejándose de esta manera al personaje de Molière que desconocía que al hablar estaba haciendo prosa. No se remarcará nunca lo suficiente que la puesta en marcha de una medición experimental dentro de un programa de investigación con visos de tener un significado para la ciencia de que se trate tiene necesariamente tras suyo un cuerpo teórico que lo hace posible, pues todo lo observado es visto y descripto en términos teóricos.

Para concluir es quizás oportuno resaltar que en la visión duhemiana las teorías no acaban nunca de "demostrarse", siendo su estado siempre provisorio y expectante. En esta postura están en germen las tesis de las modernas metodologías anticonvencionalistas. Con su Principio de Refutación, Karl Popper retorna a las experiencias cruciales, pero no ya dándoles simplemente un valor positivo de prueba, como un inductivismo ingenuo pudiera afir-

mar, sino utilizándolas para marcar la separación entre teorías científicas y pseudo-científicas; las primeras son rígidas, ofreciendo la posibilidad de ser confrontadas con la experiencia (arriesgando así una refutación); las segundas son blandas y no distinguen, no privilegian, a las experiencias cruciales pues pueden aceptar en su seno a cualquier resultado que surja de una experiencia. Al poner énfasis en esta "demarkación" se ha desplazado el centro de la discusión epistemológica hacia un pragmatismo que no se manifiesta en cuanto al contenido de verdad absoluto de un sistema.

En este sentido cabe citar las siguientes afirmaciones de Popper, tomadas de su "Lógica del descubrimiento científico":

"El viejo ideal científico del episteme, vale decir de un conocimiento cierto y demostrable, se ha revelado como un ídolo. La exigencia de objetividad científica hace inevitable que todo enunciado científico sea para siempre sólo un simple ensayo. En efecto, un enunciado puede ser corroborado pero siempre en relación con otros enunciados que son también propuestos como ensayo. Solamente en nuestras experiencias personales subjetivas, en nuestra confianza, podemos pretender estar absolutamente ciertos".

No creemos estar muy lejos de la verdad histórica si afirmamos que la posición de Popper está influenciada por el escepticismo de Duhem respecto al contenido definitivo de explicación que puede atribuirse a las teorías.

Octubre 1985

LECTURA RECOMENDADA

- BLANCHE, R.: *El método experimental y la filosofía de la física*, Fondo de Cultura Económica, México 1972.
- DUHEM, P.: *La teoría física*, Il Molino, Bologna 1978
- To save the phenomena*, The University of Chicago Press, 1969.
- KUHN, T. S.: *La estructura de las revoluciones científicas*, Fondo de Cultura Económica, México 1978.
- LOSEE, J.: *Introducción histórica a la filosofía de la ciencia*, Editorial Alianza, Madrid 1979.
- POPPER, K.: *The Logic of Scientific Discovery*, The Anchor Press, 1972.