

Fenómeno y experimento

J. Félix Fuertes

Dpto. Física. Univ. Oviedo

No es clara la transición entre lo que se presenta tal cual en la compleja realidad y lo que luego se enseña en las disciplinas científicas. Precisamente por esa pretensión de insistir en la clarificación de esa compleja realidad: la organización de los hechos en conceptos y teorías científicas más o menos clarificadoras (Novak, 1991). Esta presentación más o menos formal, en efecto, pareciendo totalmente desligada de la realidad primaria, desposeída de todo interés vivencial y útil. El aprendizaje, por ello, sea cual sea el grado de complicación, debe estar centrado más en los procesos por los cuales se adquiere que en los contenidos que pretende exponer. En eso hay un acuerdo casi universal (ej.: Arons, 1990), pero no es tan fácil llevarlo a la práctica en los diferentes niveles. Los

tecnicismos, conceptuales o aparatológicos, prevalecen (Sábato, 1975)

En ese proceso de organizar los diferentes hechos, desde la mera observación pasiva hasta la elaboración de teorías más o menos complicadas, tienen especial relevancia dos conceptos muy parejos que conviene y es posible diferenciar y emparentar desde muy pronto. Son éstos el *fenómeno* y el *experimento*.

Ambos conceptos tiene bastante en común, pero también difieren. Se refieren a acaecimientos, sucesos que tienen lugar en la Naturaleza en un sentido amplio; pero, mientras el primero es más bien *pasivo*, sucede por sí mismo, sin nuestra intervención, el experimento tiene un carácter más activo: es provocado por nosotros en circunstancias específicas, es una

reproducción de un fenómeno en el que se resaltan y controlan ciertas peculiaridades que tenemos interés en estudiar con más detalle. Subrayar estos aspectos parece trivial, pero, no lo es tanto si se examinan ciertos textos de Ciencias y la forma en cómo se presentan ciertos experimentos básicos, tan despojada de los avatares históricos, anecdóticos o de otra índole, por los que el experimento se elige tal cual y no de otra manera.

Vemos caer la tiza, caer las manzanas -el mítico acontecimiento newtoniano-, caerse a las personas; hay algo común que sobresale y resalta de estos acontecimientos: su tendencia a que los cuerpos vayan hacia el suelo, se caigan. Al tiempo que caen las cosas, pueden ocurrir otros tipos de sucesos colaterales: si uno se cae, siente dolor, la manzana si está muy madura se estropea, la tiza deja una marca en el suelo..., pero de todos estos detalles, nosotros nos fijamos en el aspecto esencial y común del *caer, ser atraídos por la tierra*, que es lo general para todos estos hechos y otros cuantos: este es el *fenómeno*, lo que sobresale y sorprende de todo lo demás. El paso siguiente es ir a estudiarlo con detalle, provocarlo, sacarlo de su entorno para analizarlo mejor, experimentarlo. Para ello se sube uno a la torre de Pisa, tira cuerpos de distinta naturaleza etc... En

esto se muestra el genio de Galileo; y la historia está llena de ejemplos de este tipo donde la perspicacia observacional sobresale sobre otras aptitudes de los investigadores de renombre (ej.: Gamow, 1975); aquí se trasciende de un estadio anterior más pasivo, medieval y griego, estrictamente fenomenologista, para ir al activo, incitante y excitante de la *experimentación*.

La etimología de cada palabra, aunque en algún caso haya que recurrir a cierto 'tecnicismo' etimológico, aunque se haga una disección de las palabras un tanto burda, así lo denuncia:

Fenómeno: *Feno / menos*, de *feno*: manifestación externa, brillar, aparecer; lo que aparece, lo que sobresale, - (feno/tipo: el tipo que se manifiesta), y *menos*: fuerza, persistencia. Así, mostrarse con persistencia: la aparición de la luna llena, por ejemplo. Es efectivamente un verdadero acontecimiento sorprendente, que sobresale del entorno de la negrura de la noche para las comunidades primitivas, el que la luna llena se manifieste: algo que atrae la atención por sus peculiaridades y cierta regularidad; que se conecta además con la medición del suceder de los acontecimientos -nuestros meses actuales-, con los periodos de fecundidad humana¹... Actualmente los fenómenos

¹ Por ejemplo, en *La nave*, un relato de ficción de Tomás Salvador (1969), de la época en la que este género literario tenía una relevancia diferente a la actual, los habitantes de esa nave perdida en la inmesidad interestelar, que han olvidado ya su procedencia planetaria, miden su tiempo por el suceder de los ciclos femeninos.

también son frecuentes, pero están muy desligados del acontecer natural. Son fenómenos humanos, de idolatrías de ciertos personajes, de expectativas ilusas de perfecciones de ensueño, de realidades virtuales un tanto alienantes.

Experimento, del diccionario: “operación consistente en provocar un cierto fenómeno para estudiarlo o estudiar sus efectos”. Pero hay más, lo que sucede con cierta regularidad se fuerza y se analiza, se estruja y afina. Se extrae a la superficie lo que rodea a lo esencial: *ex/peri/entia*; por sucesivos y reiterativos intentos *ex/peri/item*. Trabajo duro y seguido *peri/item*: dar vueltas una y otra vez, alrededor de la ‘presa’; la *entia*. *Peri* de *perímetro*, *perífrasis*; *peripatéticos*: *peri/patos* -el path inglés: senda, camino- el que camina dando vueltas sin objetivo último, sólo por el hecho de pasear. La escuela griega de los *peripatéticos* que se les llamaba así pues se pasaban el día paseando y filosofando -sin ninguna connotación *patética*-, es un noble arte hoy día ya perdido en busca de rentabilidades más inmediatas. Lo que puede ser realmente patético es la perseverancia en el pragmatismo actual en todos los niveles...

Hay un término de cierta riqueza, el *recreo*, que ha sido sustituido del lenguaje normal y no se sabe por qué, si no es por delatar esa pretensión tecnicista aludida: *el segmento de ocio(jj)*. Pero recreo es el momento para

volver a crear: la hora, entre las pesadas clases, en la que uno jugaba a ser mayor, a imitar y ensayar su forma de vida, a experimentar en definitiva por sí mismo y en sí mismo. Lo que provoca sin duda una cierta autoafirmación, un saber estar; con no pocas dosis de entusiasmo *-entheos*; participación en la obra creativa- (Ortega, 1992) Suprimido el recreo, por tanto, como forma activa de participar en la vida, el hacer por hacer, para cumplir una norma insulsa, la verdadera experiencia que se sustenta sobre lo que ‘impacta’ al alumno, sus fenómenos, queda relegada a un segundo plano.

Conviene hacerse la pregunta de si en la Física, y en la Ciencia en general, esa parte primitiva de creación de teorías puramente observacional, descriptiva, *fenomenológica*, pegada a los acontecimientos que tienen lugar en la Naturaleza, no ha de tener más protagonismo. La otra más formalista, mental, de construcción activa por el ser humano, que llamamos *formalización*, podía denominarse, como para el *fenotipo* y el *genotipo* de la Biología, con un término equivalente: *genomenización*, con objeto de despojar a las teorías de sus connotaciones tan altamente basadas en los simples símbolos matemáticos; representan algo más vivo, no tan abstracto, obtenido y conectado con la realidad. No en vano teoría tiene la misma raíz etimológica que teatro, y ambas significan el hecho de observar, representar, encajar lo hechos en una determinada

trama a través de unos personajes/fenómenos relevantes interrelacionados.

Un fenómeno por excelencia: la aparición de la luna llena, ante la negrura y la obscuridad de la noche, es lo que sobresale; las fases de la luna, los detalles colaterales, aunque sin duda también de interés, son los epifenómenos, palabra muy de moda ahora; cosas que sobresalen de lo que ya sobresale, lo superficial que, sin embargo, le va dando forma y matiz, lo epidérmico que es cambiante y acomodaticio al entorno, pero también caracterizador de la situación; en parte algo superfluo, pero no tanto; la piel tiene su importancia, es el órgano de contacto con el exterior. El porqué de la aparición de la luna, su regularidad, su luminosidad es el *genómeno*. Los planetas que se mueven, su errático caminar frente a la quietud de las estrellas fijas, es lo determinante, el fenómeno, tanto que determina así su nombre (Planeta=errante, frente a los astros fijos, *star/ status*). Luna llena sobre cielo oscuro, luz errante sobre foco fijo, blanco sobre negro, contraste del fenómeno, lo que sorprende, ¡que fenómeno!. La forma de sus órbitas, es el epifenómeno, detalles que le dan forma superficial.

Entonces surge la causa de tales acontecimientos espectaculares con sus peculiaridades: la aparición de la luna llena, el errar de los planetas, son causa de una armonía interior de los cielos, armonía que se puede interpretar de muchas maneras: *la armonía de*

las esferas, la ley de *gravitación universal*, el principio de *Hamilton*, son los *genómenos*; sus diferentes formas de aplicación, ecuaciones de Lagrange, principios de conservación, son los *epigenómenos*.

El fenómeno en fin, el protagonista de la obra (protos/agonós), queda después inmolado, despojado de su naturaleza física para sintetizar ciertos conceptos o formalismo genéricos; deja de ser la aparición de la luna para representar cualquier tipo de hecho espectacular; hechos que son desgajados después en los laboratorios, en las experiencias.

El salto de una investigación puramente fenomenológica -pasiva- de la Naturaleza a experimental -activa-, se produce con el Renacimiento. Como ya se ha dicho, Galileo es el padre de la experimentación. Los griegos son los fenomenólogos y genomenólogos por excelencia. Galileo fuerza incluso el *experimento mental*, el supongamos etc..., enorme interés en cualquier proceso científico, que Einstein llevó a su culminación (Berstein, 1991). De la importancia en diferenciar estas situaciones primarias en el desarrollo de la Ciencia surge la doctrina operacionista actual que da un cierto vuelco al paradigma anterior (Cook, 1994).

Por otra parte, la idolatración de la experimentación ha llegado a veces a límites insospechados: si bien es efectivamente un salto cualitativo de interés en la evolución de los procedimientos de investigación y acceso al

conocimiento, por tanto necesario, su abuso es igualmente pernicioso, pues centra lo científico casi únicamente en los puros *hechos* -esos famosos hechos (Sábato, 1975): es la escuela puramente positivista que tiene su máxima expansión en el XVIII, un siglo de máquinas y que en la actualidad tiene un montón de seguidores que se limitan a acumular información puramente provocada en los aparatos que luego a veces nada tienen que ver con la Naturaleza, con el fenómeno, con la naturaleza del fenómeno. La inmola-ción del protagonista es más bien una verdadera carnicería.

Por ejemplo, el craqueo brutal de los aceleradores de partículas de alta energía, que tanta idolatración traen por estos pagos, si bien ayuda a ver y descubrir la naturaleza interior de la materia, también genera una fauna de trozos y destrozos de partículas imposible de clasificar.. Otras veces, en aparatos electrónicos sofisticados e hipersensibles lo que realmente se detectan son ruidos de fondo, la radio local por ejemplo, y se confunde con la experiencia. O también experimentos puramente tautológicos, diseñados para que salgan bien: el ubicuo péndulo que se hace oscilar siempre con pequeñas amplitudes porque sí, o la multitud de experimentos simulados... A este tipo de 'positivismo' radical, hay que llamar más bien *experifacto*: darle vueltas a las cosas sin ton ni son, marear la perdiz.

Hay que compaginar las cosas. Orte-

ga dice bien claro que no es sólo importante para avanzar en el conocimiento, provocar, sino que el experimento mental, el examen de los que está sucediendo y lo que puede suceder, también origina nuevas ideas; es más, es necesario para avanzar el cambio en el modo de pensar:

“Toda filosofía innovadora descubre su nueva idea del Ser gracias a que antes ha descubierto una nueva idea del Pensar, es decir, un método intelectual antes desconocido” (Ortega, 1992; pag. 5).

Los hechos a secas, dejar que las cosas sean sólo lo que se puede detectar, es demasiado pobre. A veces las cosas, la esencia de las cosas, no se ven porque no se ha encontrado la forma de detectarlos. Hay cien mil ejemplos en la Ciencia que debería llenar los libros de texto antes que tanto formulario y formalismo inútil. Aquí está el salto de la observación pasiva que dirige después la activa, la experimentación, fuera de su ocultación una y otra vez: *ex-per-item*.

La historia de la Ciencia está llena de ejemplos de manifestación de impotencia que se derrumbaban al día siguiente, como está llena también de ejemplos de descubrimientos que antes fueron 'pensados' que puestos en evidencia por los hechos: La antimateria prevista por Dirac, el neutrón de Chadwick, la presencia en la cita prevista del planeta Urano, la curvatura de la luz de Einstein etc...; buen

punto de apoyo para ejercitarse en estas cuestiones a través de la lectura de libros divulgativos de historia de la ciencia que los hay y de gran interés (ej.: Gamow, 1975).

Los fundadores del análisis espectroscópico -Kirchhoff y Bunsen, en 1859-, por ejemplo, encuentran un punto de partida para el análisis de la naturaleza de las estrellas, hasta entonces inaccesibles, de la observación accidental de un acontecimiento espectacular -un fenómeno- que tuvo lugar al lado de su laboratorio (Fdz.-Rañada, 1994): Observaban con su espectroscopio como ardía un almacén de salazones y conservas próximo a su laboratorio y notaron como las llamas emitían una raya de color amarillo característico del Sodio que ellos ya conocían en sus experiencias cuando quemaban este material a la llama, y que debía ser de la sal común presente en el almacén. Ese fenómeno en cuestión -se manifestó de por sí-, les sugiere que cualquier cosa que contenga sodio a cierta temperatura de ignición, emitirá una luz característica que lo hará detectable a distancia, y no sólo del sodio, también del calcio, del helio etc... Pues bien, experimentan, queman en la lejanía distintos compuestos y observan, y por fin, enchufan su catalejo al sol, las rayas que así aparecen son características del Helio, un material nuevo (helios/sol) que luego se encuentra en la Tierra efectivamente. Es un ejemplo paradigmático de tal dicotomía fenómeno/experimento. Y

esto sucede cuando alguien acaba de manifestar solemnemente que la composición de las estrellas estaba vedada al conocimiento humano. Como el volar también estuvo físicamente prohibido; como la propia física estuvo acabada a principios de siglo (Gamow, 1975)

Otro ejemplo igualmente evidente y claro es el descubrimiento de la radiactividad natural de Rutherford, con origen en la observación previa de Becquerel el fenómeno de las placas fotográficas veladas en su cajón sin aparente exposición a la luz, ante la presencia de mineral de pechblenda. Del fenómeno en sí (Becquerel), se pasa al experimento (Rutherford), manipula la pechblenda (sal de uranio) y de ahí surge toda una nueva era y área científica.

Hay otras situaciones muy persistentes de preponderancia de la experimentación frente a la observación directa del fenómeno o a una previa experimentación mental de su viabilidad: se refieren a una multitud de inventores y sus artefactos respectivos que perseguían la consecución de los móviles perpetuos de una u otra especie. En cierta medida, estas pretensiones son una parte del fundamento de la Termodinámica. El fenómeno matriz, 'el ganarás el pan con el sudor de tu frente' bíblico, no puede ser más ubicuo, reiterado y sentido en toda la historia de la humanidad; y acaso por ello, fue igual de persistente la rebeldía contra él; sobre todo en ciertas épocas. La cordura científica se impone real-

mente cuando se formula adecuadamente la ley de conservación de la energía y la ley de la entropía que subyacen en ese fenómeno universal y bien conocido -pero poco o nada asumido-, en el siglo XVII, principalmente por Mayer, Lomonosov y Carnot. La máquina de Carnot, una máquina virtual, un experimento mental, pone fin a todo ese tipo de experimentaciones tendentes a buscar la panacea, del mismo orden que la alquímica lo fue para la Química.

En definitiva, la presentación de los conceptos y teorías científicas con su decorado sociohistórico ofrecen mayor riqueza docente; muestran más claramente la conexión entre lo que sucede en la calle, el fenómeno tal cual, y lo que se selecciona para un estudio pormenorizado y de interés, el experimento. Todos los científicos relevantes han subrayado estos aspectos hasta la saciedad (ej.: Kapitza, 1981); este es recorrido es básico en la formación científica a cualquier nivel y no tiene porque ser tan desdeñado. Cuando menos, ambos conceptos deben estar adecuadamente clarificados, ejemplificados y definidos.

Referencias

- Arons A., 1990; *A guide to introductory physics teaching*; J. Wiley and sons. NY.
- Bernstein J., 1991; *Einstein: el hombre y su obra*; MacGraw Hill, Divulgación. Barcelona.
- Cook A., 1994; *The observational foundation of physics*; Cambridge Univ. press.
- Fernández-Rañada A., 1994; *Los muchos rostros de la Ciencia*; Nobel, Oviedo.
- Gamow G., 1975; *Biografía de la Física*; Alianza, Madrid.
- Ortega y Gasset J., 1992; *La idea de principio en Leibniz*; Alianza. P. Garagorri ed. Madrid.
- Kapitza P., 1981; *Experimento, teoría y práctica*; Mir, Moscú.
- Novak J.D., 1991; "Ayudar a los alumnos a aprender cómo aprender. La opinión de un profesor investigador"; *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (3) 215-228
- Sábato E., 1975; *Hombres y engranajes. Heterodoxia*; Alianza, Madrid.
- Salvador T., 1969; *La nave*; Espasa, Col. Reno; Madrid.