

¿ADONDE VA LA CIENCIA?

por
ARMANDO COSANI S.

SI NOS REPRESENTAMOS la historia del conocimiento como el desarrollo de una espiral, cada expansión de su curva sería el resultado de la obra de los genios que aparecen de tiempo en tiempo dándole un nuevo impulso a la ciencia. El ímpetu dura cierto número de años hasta que comienza a agotarse la fuerza que contiene; pero antes de que el pensamiento quede estancado aparece el nuevo impulso —por lo general como una idea remota, nebulosa, demasiado audaz y aventurada: sacude el pensamiento oficial de la época y derrumba una multitud de ídolos.

Aristóteles impulsó la ciencia de su tiempo, coordinando en un sistema de lógica los retazos de conocimiento dispersos en Caldea, Egipto y Fenicia. Hoy muchos de sus postulados no tienen validez; pero otros, como sus cuatro categorías de causalidad, todavía no se entienden del todo aunque presiden los esfuerzos del pensamiento científico puro.

El impulso que Aristóteles le dio al conocimiento perduró hasta mediados del siglo XVI, cuando Francis Bacon sostuvo que pensar no bastaba y que era necesario verificar las concepciones intelectuales experimentando. Por ese entonces Kepler y Galileo ya habían comenzado a remecer el dogma de su era. (En todo tiempo siempre ha habido un dogma u otro que engrilla el pensamiento.)

En nuestros tiempos se condena a Aristóteles en nombre de la física nuclear, se le acusa de haber propuesto un idealismo que retardó la penetración al núcleo. Pero estas acusaciones parecen ignorar deliberadamente todos los procesos del núcleo atómico y el principio de relatividad que es la piedra angular de la ciencia moderna. Sobre todo, ignoran el hecho de que Aristóteles y toda la escuela griega legaron a la ciencia moderna, y a toda la cultura occidental, un método de razonamiento que todavía no se ha podido cambiar ni mejorar. Y es con esta herramienta mental con la que se ha construido toda la obra científica de nuestros tiempos.

El impulso que Bacon le dio a la ciencia permitió el descubrimiento de la circulación de la sangre, de las leyes de magnetismo, de las leyes de la presión atmosférica y la invención del barómetro.

Las causas fundamentales del movimiento de los cuerpos no se establecieron hasta un siglo después, con la entrada de Newton. La fábula de la man-

zana es por cierto muy pintoresca, pero también muy falsa. A Newton jamás le sucedió tal cosa. Muchas de las obras que hoy pretenden endiosar el conocimiento moderno se basan en fábulas similares a la manzana de marras, ignoran a dónde va la ciencia y los caminos que la causalidad le impone. Son obras que contraponen hechos aislados, sin hilvanarlos con un significado fundamental. Algunas dicen que Newton demolió el criterio aristotélico. Newton no demolió nada, sino que amplió la concepción que la antigua Grecia tenía del Universo y de la Naturaleza. Y ahí donde Aristóteles forjó las herramientas del *pensamiento* científico, Newton forjó las primeras herramientas de la *experimentación* científica.

La relación de Aristóteles a Newton es la relación de la idea al hecho. Esta relación la da la tecnología. Pero la tecnología no hace sino ampliar el poder de los sentidos con los que el hombre puede estudiar sólo una parte y jamás el todo. Y tanto Aristóteles como Newton jamás dijeron "esto es así", sino "esto es lo que hemos podido observar". Aristóteles, lo mismo que su maestro, Platón, estaba muy al tanto que el saber individual, o de la parte, no puede explicarlo todo. Ambos sostuvieron que un verdadero conocimiento sólo puede ser el conocimiento del todo, y la idea que Aristóteles tenía de la ciencia es que, ante todo, la verdadera ciencia es la ciencia del *ser*.

Esta idea no se ha perdido de vista en ningún período del desarrollo científico. Siglo tras siglo aparece vestida con ropajes distintos, pero siempre ha presidido el afán principal de la ciencia pura. Kant jamás negó la validez de los sentidos para estudiar fenómenos aislados; todo su postulado puede resumirse diciendo que la "cosa en sí", o el verdadero "ser" de las cosas no puede captarse por medio de los sentidos, solamente. Todo el progreso de la ciencia durante los últimos 2,300 años está vigorosamente resumido por el profesor Eddington:

"Hemos hallado que ahí donde más progresó la ciencia, la mente recibió de la Naturaleza lo que la mente misma volcó en ella. Hemos visto una extraña huella en las playas de lo desconocido. Hemos creado muchas y muy profundas teorías para explicar su origen; y cuando, al fin, logramos reconstruir la criatura que imprimió esa huella, hallamos con asombro que somos nosotros mismos."

* * *

Al probar que el movimiento elíptico que siguen las órbitas de los planetas obedecía a la gravitación, Newton formuló en términos racionales y lógicos un entendimiento astronómico y físico más amplio que el legado por Tolomeo. Gracias a los métodos derivados de este entendimiento se pudo conectar en un solo principio muchos fenómenos que hasta entonces parecían aislados entre sí y carentes de un significado general.

Newton trabajó a una escala tanto o más grande que la de Aristóteles. Durante siglo y medio la ciencia se dedicó a consolidar muchos de sus descubrimientos, e hizo muchos más. Por ejemplo, empleando las fórmulas de Newton, Adams y Lavarrier calcularon con gran exactitud la posición de Neptuno en 1846, varios años antes de que este planeta pudiera observarse directamente. O sea que el cálculo matemático le indicó a la astronomía el punto exacto donde debía buscar a Neptuno en el sistema solar.

Años después, estudiando las órbitas de Mercurio, se pensó que debía haber otro planeta más allegado al Sol. Lavarrier hizo cálculos similares a los anteriores; los astrónomos tenían ya listo el nombre que se le daría a este nuevo planeta en cuanto se le ubicara: Vulcano. Pero esta vez los cálculos fallaron. Y de saberlo, Newton hubiera sido el primero en alegrarse de ello, pues este fracaso permitió a la ciencia descubrir que la gravitación es sólo un aspecto de otra ley que requiere una nueva medida del espacio y que Minkowski, Bolyai, Gauss y varios otros matemáticos, incluso Riemann, habían ya definido como la cuarta dimensión del espacio.

Esta grieta en la ley de la gravitación le permitió a Einstein discurrir su célebre principio de la relatividad. Y para discurrirlo debió emplear un descubrimiento tan revolucionario como en su tiempo lo fue la gravitación de Newton. Este nuevo descubrimiento cambió por entero las *concepciones* de materia y energía: es la teoría del cuanta que formuló Max Planck.

Pero sería absurdo pensar que Einstein y Planck demolieron las formulaciones de Newton. Sus concepciones ennoblecieron las de Newton, sin las cuales no hubiesen podido darle nuevas alas al conocimiento científico, ni elevarlo a un nivel superior, al mostrar o permitir ver hechos en los que no se había reparado antes. Durante los últimos 30 años la concepción científica del Universo ha cambiado tanto o más que cuando los postulados de Kepler y de Galileo modificaron las ideas aceptadas hasta mediados del siglo XVII. Hoy se estudia el núcleo atómico para conocer más a fondo la naturaleza y la forma del Universo, y se estudia el sistema solar y la galaxia para conocer más a fondo el núcleo atómico.

Lo interesante es que, como derivado de todo esto, se puede ya divisar cuál puede ser el próximo paso que la ciencia dé a raíz de estas investigaciones. Al discutir sus concepciones físicas de la Naturaleza, Werner Heisenberg comenta lo que se ha descubierto en los últimos años sobre la conducta de las partículas subatómicas como mesones, positrones, antiprotones y antineutrones, y dice:

"Los últimos experimentos han puesto en claro que estas partículas se transforman las unas en las otras, durante sus colisiones, con grandes cambios de energía. Cuando dos partículas elementales chocan con gran fuerza de movimiento, surgen partículas nuevas; y las partículas originales, junto con su energía, se transforman en materias nuevas. Se describe mejor este estado de

cosas diciendo que todas las partículas no pasan de ser, fundamentalmente, sino estados estacionarios de una y la misma cosa. De modo que hasta las tres fuerzas que constituyen la estructura básica del átomo han quedado reducidas a una. *Hay una sola clase de materia, pero puede existir en diferentes condiciones.* Algunas de estas condiciones, o sea protones, neutrones y electrones, son estables; muchas otras son inestables."

La magnitud de esta afirmación es tal, que el pensamiento moderno queda sobrecogido. Se acerca tanto a la concepción artística y religiosa del Universo que obliga a enfocar el conocimiento con un criterio en el cual tenemos poca o ninguna experiencia.

Pero el hecho más significativo en esta constante expansión del conocimiento no estriba tanto en los fenómenos que se descubren como en las conclusiones fundamentales a que inevitablemente llegan los genios que impulsan la ciencia. El propio Einstein dijo: "El hecho de que en la ciencia debamos siempre contentarnos con una imagen incompleta del Universo, no se debe a la naturaleza del Universo, sino a nosotros mismos."

Con ello Einstein toca el meollo mismo de la teoría del conocimiento, pues se refiere esencialmente a la psicología del hombre, punto que siempre plantearon los grandes pensadores como Spinoza, Kant, etc., pero es también un postulado común a los genios del arte y a los grandes poetas como Leonardo, Goethe, Machado, etc.

* * *

Nunca como ahora hemos tenido a nuestro alcance tantos medios y tantas oportunidades para advertir lo estrechamente unidos que van la filosofía, la ciencia, la religión y el arte. En esencia sus concepciones del Universo son las mismas, aunque sus modalidades de expresión difieran; su noción del papel que el hombre desempeña en la Naturaleza es la misma también. Este pensamiento corre a través de la historia como una constante de las aspiraciones más elevadas del hombre, una constante similar a la de Planck.

Max Planck contribuyó mucho a este criterio, y con el fin de entender su desarrollo vale la pena recordar lo que sostuvo cuando recibió el premio Nobel de Física. Se refirió entonces al hecho fundamental que gobierna, o debiera gobernar, toda actividad creadora:

"Goethe dijo que los hombres siempre cometerán errores en su afán de lograr alguna cosa", declaró Planck. "Durante su largo y difícil esfuerzo, el investigador a menudo siente la tentación de abandonar el camino que le parece vano e infructuoso, hasta que una luz ilumina su senda y le permite ver la prueba irrefutable que, al cabo de tantos fracasos en distintas tentativas, lo mueve un paso más hacia el descubrimiento que busca. Es indispensable que el investigador vaya en pos de un objetivo; el objetivo siempre iluminará su

meta, incluso en aquellos momentos en que parece oscurecida por los fracasos iniciales.”

En resumen, el profesor Planck plantea una cuestión de fe. La fe como la visión o el recuerdo del objetivo que se persigue. La fe significa empeñar toda la vida en el logro del objetivo. La actividad creadora depende entonces de que el hombre sepa a ciencia cierta qué quiere, y de que nunca lo olvide.

Pero lo que el profesor Planck no dice es de dónde proviene este deseo tan poderoso que se impone sobre todos los demás deseos, unciéndolos a una finalidad única. Durante los últimos años de su vida dedicó gran parte de su tiempo y de sus energías a explicar que sus postulados, o lo que hoy se llama la constante de Planck, no destruía la causalidad sino que hacía más luz sobre las formulaciones de Aristóteles, Newton y otros pensadores. ¿Pero por qué razón trabajó Planck con tanto afán en esta idea?

En parte, la respuesta la da el propio Einstein: “Algunos hombres se dedican a la ciencia, pero no todos lo hacen por amor a la ciencia misma. Algunos penetran al templo de la ciencia porque les ofrece la oportunidad de lucir sus talentos particulares. Para esta clase de hombres la ciencia es una especie de deporte en cuya práctica se gozan como el atleta en la ejecución de sus proezas musculares. Hay otro tipo de hombre que penetra al templo con la esperanza de ganar dinero. Estos son científicos sólo por una circunstancia fortuita que se les presentó cuando elegían su carrera. En otras circunstancias podían haber sido políticos o grandes hombres de negocios. Si descendiera un ángel del Señor y expulsara del Templo de la Ciencia a todos los hombres que pertenecen a las categorías mencionadas, mucho me temo que el templo quedaría vacío. Quedarían muy pocos fieles: algunos de los tiempos pasados, algunos de los tiempos modernos. Entre estos últimos se hallaría a nuestro Planck.”

* * *

La teoría del cuanta formulada por Planck hizo mucho más que armonizar y permitir nuevas interpretaciones de muchos fenómenos: inició una transformación tan radical en el pensamiento científico, que otro físico célebre, Niels Bohr, dijo: “La imagen del Universo formada conforme a lo que sugiere la física del cuanta supera la imagen que ofrece la física clásica por la belleza de su composición y por la armonía interna de su lógica. Ha remecido los cimientos de nuestras ideas, pero no sólo en la ciencia clásica, sino *también en las formas de nuestro pensamiento cotidiano.*”

Y en el último libro que acaba de publicar, *La física atómica y el conocimiento humano*, Bohr sostiene que la teoría del cuanta es, ante todo, un instrumento para refinar nuestras facultades conceptuales.

* * *

Planck estableció en 1900 que el calor radiante no es una corriente continua que pueda dividirse indefinidamente. Descubrió que es como una masa

compuesta de unidades, cada una de las cuales es análoga a las demás. Einstein aplicó este descubrimiento para estudiar la radiación de la luz. Bohr la aplicó para estudiar la estructura electrónica del átomo. En física, química, en todas las ramas del conocimiento exacto, el cuanta fue una herramienta que esgrimió la mente para ir de lo parcial a lo integral o, si se quiere, de lo relativo a lo absoluto.

Pero, como siempre ocurre con todo hito de la inteligencia, la teoría del cuanta dio lugar a la idea de que la causalidad quedaba invalidada.

Las concepciones de Newton dieron lugar a la idea del determinismo, en el sentido que como causa el pasado tiene por efecto el futuro. Con el postulado de la relatividad y de una cuarta dimensión del espacio se curvó, por así decirlo, la línea del tiempo. El espacio de cuatro dimensiones está formado por las tres que nos son usuales, más una del tiempo. Se le dio el nombre de "espacio-tiempo", como una unidad continua. Cada uno de los puntos de este continuo lleva en sí la totalidad de la existencia de un fenómeno o cosa dada.

Pero es muy natural que estas nuevas concepciones trastornen los cimientos de un pensamiento acostumbrado a la lógica de un antes y un después. La concepción de una línea de tiempo curva coloca al pasado y al futuro, al antes y al después, en un ahora o un presente, en cualquier momento, o en cualquier punto del continuo del espacio-tiempo. Esto invalida las concepciones de materia y energía, puesto que toda materia ocupa un espacio y la energía es movimiento que requiere tiempo. De suerte que, desde el nuevo punto de vista, lo que con el criterio tri-dimensional se llamaba determinismo bien puede ser sólo un caso, una categoría o una condición de la causalidad de la misma manera que, según Heisenberg, neutrones, protones y electrones, junto con lo demás del núcleo atómico, son sólo un caso, una categoría o una condición de materia. Dicho en otra forma, la investigación nuclear demuestra que causa y efecto pueden existir juntos y simultáneamente a otro nivel, o en otras dimensiones.

* * *

Aristóteles postuló cuatro tipos o categorías de causalidad. La primera y más elevada es la que llamó la *Causa Formalis* —algunos filósofos la consideran una descripción de la esencia espiritual de las cosas. La segunda, la *Causa Materialis*, es la substancia o materia de que está hecha una cosa. La *Causa Finalis* es la finalidad o el propósito con que fue creada una cosa. Viene, al fin, la *Causa Efficiens*. Esto es lo que todavía consideramos como causa, la causa del determinismo.

Podemos entender la *Causa Efficiens* en términos prosaicos diciendo que para nosotros es lo inmediatamente utilitario. Por ejemplo, es como pensar que la Ciudad Universitaria o Teotihuacán se hubieran construido sólo para atraer turistas. Por cierto que la *Causa Efficiens* no es de una índole tan estúpida, pero lo anterior sirve como analogía. Una forma más universal de la

manera como entendemos la *Causa Efficiens* es la idea de que la penetración al núcleo atómico, al mundo de la energía nuclear, no tiene más fin que producir bombas o poderío industrial. Pero la *finalidad* con que fue creado el átomo puede ser muy diferente, y no la conocemos; de conocerla, sabríamos cuál es su utilidad real. Pero no lo sabemos y la *Causa Finalis* es, para nosotros, un misterio y por lo mismo también lo es la *Causa Efficiens*. No sabemos a ciencia cierta la finalidad con que fuimos creados. (Este es el punto de partida de toda la cultura del México antiguo.)

Y es también una de las razones por las que Heisenberg y Bohr concuerden con Einstein y Planck en que la tecnología moderna ha colocado al hombre ante su propia realidad. Planck sostuvo hasta el final de su vida que la concepción estadística de la causalidad no corresponde a ninguno de los hechos observados por la ciencia y que, por sí sola, la ciencia no puede resolver el misterio:

"La ciencia no puede resolver los misterios esenciales de la naturaleza", dijo Planck. "Esto se debe, en última instancia, a que formamos parte de ella y, por lo mismo, del misterio que queremos resolver. Hasta cierto punto, la música y el arte son también ensayos para resolver, o, al menos, para expresar el misterio. Pero opino que cuanto más progrese mayor será la armonía en que nos pongamos con toda la naturaleza. Y este es uno de los más grandes servicios que la ciencia le ha prestado al hombre.

"Quizás podamos ver la operación de la causalidad en las actividades más finas de los átomos, de la misma manera que, con la antigua forma causal de la mecánica, podemos percibir y construir imágenes materiales de cuanto ocurre en la naturaleza."

Luego pone el dedo en la llaga al decir:

"La discrepancia no está entre la naturaleza y el principio de causalidad, sino entre la imagen que nosotros nos hemos formado de la naturaleza y la realidad de la naturaleza misma. Nuestra imagen no está de acuerdo con lo que muestra la observación, y el problema del progreso de la ciencia es ver el modo de lograr un acuerdo más exacto. Estoy convencido que podemos llegar a este acuerdo si no rechazamos la causalidad y refinamos la fórmula para que pueda coincidir con los últimos descubrimientos."

* * *

El impulso que Einstein y Planck le dieron a la ciencia amplió la espiral y despertó nuevos entusiasmos. El cuanto permitió el desarrollo de las ideas de la mecánica ondulatoria pero no fue su causa, así como la mítica manzana de Newton no fue la causa de la gravitación como a veces el positivismo ingenuo pretende afirmar. Lo mismo que el arte, la ciencia no puede nunca satisfacerse con lo efímero y lo transitorio y juntos acaso producirían el acuerdo a que aspira Planck.

Los grandes pensadores científicos siempre han sospechado los posibles resultados de cada nuevo descubrimiento y acaso vean y sientan, como Shelley, las posibilidades de desencadenar a Prometeo. Por ejemplo, Louis de Broglie opina: "De acuerdo con los nuevos principios, las leyes de la Naturaleza no tienen aquel carácter tan estricto de la física clásica: *Los fenómenos no están sujetos a un determinismo riguroso y sólo obedecen a las leyes de la probabilidad.* El famoso principio de la incertidumbre que adelantara Heisenberg da una formulación exacta de este hecho. Y hasta las nociones de causalidad e individualidad deben escudriñarse más a fondo. Es evidente que esta crisis, que afecta los principios de nuestros conceptos físicos, será *el punto de partida de consecuencias filosóficas que todavía no podemos percibir con claridad.*"

Ya en el siglo XVIII, Roger Cotes, amigo íntimo de Newton, advertía a la física experimental lo que tarde o temprano tenía que encarar, y que ya comienza a verse con más claridad. Cotes dijo que la física experimental trata de derivar causas de los principios más simples posibles, pero que jamás reconoce como principio —o causa— ¡aquello que jamás se manifiesta!

Nuevamente, sería un error pensar que Cotes va contra la física experimental o que se pone de parte de la escolástica clásica. Dice que la investigación verdadera es: primero, derivar la naturaleza de las cosas y, sobre todo, derivarla de los hechos reales y luego indagar sus leyes. "Las leyes —dice— no pueden derivarse de suposiciones, sino de la observación y el experimento." Y añade: "Una ciencia real y saludable se apoya en los fenómenos mismos y nos conduce, a veces contra nuestra voluntad, a tales principios (o causas) miento que requiere tiempo. De suerte que, desde el nuevo punto de vista, lo que vemos en ellos con toda claridad el mejor reflejo y la soberanía suprema del más sabio y poderoso de todos los seres."

* * *

En nuestra espiral vemos una constante que alimenta y nutre *el pensamiento* de la ciencia y cómo influye en la filosofía. Acaso sea esta la misma constante que alimenta y nutre *el sentimiento* del arte y de la religión. Newton vio en las leyes mecánicas el medio que empleaba algún ser supremo para sus propios fines. Los hechos del movimiento mecánico le sirvieron para discurrir la posibilidad de un todo armónico mediante sus relaciones. De ahí surgió su célebre dicho:

"No sé lo que yo pueda parecerle al mundo; pero ante mí mismo parezco un niño que se ha entretenido en la playa hallando una piedra más lisa un día y una concha más linda otro día, mientras el océano de la verdad permanece ante mí aún no descubierto."

El pensamiento científico comenzó a tener conciencia de este hecho hace un siglo o menos, y cada día se convence más que el "océano de la verdad" no

está fuera del hombre mismo. Tal vez ahora nos hallemos en un momento en que la espiral se amplíe en su progresión hacia lo que Aristóteles indicara hace 2,300 años. Heisenberg y Bohr sostienen que la ciencia ya no está frente a la Naturaleza como un observador objetivo, sino que se ve a sí misma como un actor más en este juego entre el hombre y la Naturaleza.

"El método científico del análisis, la explicación y la clasificación ya tiene conciencia de sus limitaciones", dice Heisenberg. "Estas limitaciones surgen del hecho que por su intervención la ciencia altera y rehace el motivo de su investigación. En otras palabras, ya no pueden tomarse método y objeto por separado. La visión científica del mundo ha dejado de ser científica en el verdadero sentido de la palabra."