

Por Ilya Prigogine

# Tan sólo una ilusión



Empezaré con una anécdota del joven Werner Heisenberg, en cierta ocasión, cuando paseaba con Niels Bohr durante una visita al castillo de Kronberg. Heisenberg pone en boca de Bohr la siguiente reflexión: "¿No es extraño como cambia este castillo al recordar que Hamlet vivió en él?"

1.

Empezaré con una anécdota del joven Werner Heisenberg 2, en cierta ocasión, cuando paseaba con Niels Bohr durante una visita al castillo de Kronberg 3. Heisenberg pone en boca de Bohr la siguiente reflexión:

"¿No es extraño como cambia este castillo al recordar que Hamlet vivió en él? Como científicos, creemos que un castillo es una simple construcción de piedra y admiramos al arquitecto que lo proyectó. Las piedras, el tejado verde con su pátina, las tallas de la capilla, es lo que forma el castillo. Nada debería cambiar por el hecho de que Hamlet viviera en él y, sin embargo, cambia totalmente. De pronto, muros y almenas hablan otro lenguaje... Y, en definitiva, de Hamlet sólo sabemos que su nombre figura en una crónica del siglo XIII... pero nadie ignora los interrogantes que Shakespeare le atribuye, los arcanos de la naturaleza humana que con él nos abre, y para ello tenía que situarle en un lugar al sol, aquí en Kronberg".

Esta historia plantea sin más una cuestión tan vieja como la humanidad: el significado de la realidad.

Cuestión indisoluble de otra: el significado del tiempo. Para nosotros, tiempo y existencia humana, y en consecuencia, la realidad, son conceptos indisolubles. Pero ¿lo son necesariamente? Citaré la correspondencia

entre Einstein y su viejo amigo Besso 4. En sus últimos años, Besso insiste constantemente en la cuestión del tiempo. ¿Qué es el tiempo, qué es la irreversibilidad? Einstein, paciente, no se cansa de contestarle, la irreversibilidad es una ilusión, una impresión subjetiva, producto de condiciones iniciales excepcionales.

La correspondencia quedaría interrumpida por la muerte de Besso, unos meses antes que Einstein. Al producirse el óbito, Einstein escribió en una emotiva carta a la hermana y al hijo de Besso:

"Michele se me ha adelantado en dejar este extraño mundo. Es algo sin importancia. Para nosotros, físicos convencidos, la distinción entre pasado, presente y futuro es sola una ilusión, por persistente que ésta sea."

"Sólo una ilusión"...Debo confesar que la frase me impresionó enormemente. Creo que expresa de un modo excepcionalmente notable el poder simbólico de la mente.

En realidad, Einstein, en la carta, no hacía más que reiterar lo que Giordano Bruno escribiera en el siglo XIV y que, durante siglos, sería el credo de la ciencia 5:

"El universo es, por lo tanto, uno, infinito e inmóvil. Una, digo; es la posibilidad absoluta, uno el acto, una la forma del alma, una la materia o el cuerpo, una la cosa, uno el ser, uno lo máximo y lo óptimo, lo que no admite comprensión y, aun, eterno e interminable, y por eso mismo infinito e inacabable y, consecuentemente, inmóvil. No tiene movimiento local, porque nada hay fuera de él que pueda ser trasladado, entendiéndose que es el todo. No tiene generación propia, ya que no hay otra cosa en la que pueda desear o buscar, entendiéndose que posee todos los seres. No es corruptible, ya que no hay otra cosa en la que pueda tornarse, entendiéndose que él es toda cosa. No puede disminuir ni aumentar, entendiéndose que es infinito, y, por consiguiente, aquello a nada puede añadirse y nada substraerse, ya que el universo no tiene partes proporcionales. No es alterable en ninguna otra disposición, porque no tienen nada externo por lo que pueda surgir y a través de lo cual pueda ser afectado".

Durante mucho tiempo la concepción de Bruno dominaría el pensamiento científico de Occidente, del que se derivaría el concepto mecanicista del mundo con sus dos elementos básicos 6:

- sustancias inmutables, átomos, moléculas o partículas elementales;
- locomoción. Naturalmente, con la teoría cuántica se produjeron muchos cambios, y volveremos a ello, pero, aun así, perviven hoy día no pocos

rasgos básicos de semejante concepción. Entonces, ¿cómo entender esa naturaleza sin tiempo que excluye al hombre de la realidad que describe? Como ha puesto de relieve Carl Rubino, La Ilíada de Homero gira en torno al problema del tiempo. Aquiles parte en busca de algo permanente e inmutable, "pero la enseñanza de La Ilíada, amarga lección que el héroe Aquiles aprende demasiado tarde, es que sólo se logra tal perfección a costa de la humanidad del individuo: éste tiene que perder la vida para acceder a ese plano de gloria. Para los seres humanos, hombres y mujeres, para nosotros, ser inmutables, estar exentos de cambio, tener seguridad total y permanecer inmunes a los veleidosos altibajos de la vida, sólo es factible al dejar este mundo, al morir, o al convertirnos en dioses. Horacio nos dice que los dioses son los únicos seres que llevan una vida sin riesgos, exenta de angustia y cambio" 7.

La Odisea representa el contrapunto dialéctico de La Ilíada 8. Odiseo puede elegir, y su fortuna es poder optar entre la eterna juventud y la inmortalidad, siendo para siempre amante de Calipso, o el regreso a la humanidad y, en definitiva, a la vejez y a la muerte. Sin embargo, elige el tiempo por la eternidad, el destino humano por el destino de los dioses.

Sigamos con la literatura, pero más próximos a nuestra época. Paul Valéry, Cimetièrre marin, describe la lucha del hombre que se enfrenta al tiempo duración que, ilimitada, se extiende ante nosotros. En sus Cahiers 9-esa serie de volúmenes de notas que el poeta solía redactar al amanecer-, vuelve una y otra vez sobre el problema del tiempo: Tiempo, ciencia por construir. Hay en Valéry un profundo sentimiento por lo inesperado; ¿por qué las cosas suceden así? Está claro que no podían satisfacer a Valéry simples explicaciones como los esquemas que implican un determinismo universal en el que se da por supuesto que en cierto modo todo está dado. Escribe Valéry:

"El determinismo -sutil antropomorfismo- dice que todo sucede como en una máquina, tal como yo la concibo. Pero toda ley mecánica es, en el fondo, irracional, experimental" (...) "El significado del término determinismo es tan vago como el de la palabra libertad" (...) "El determinismo riguroso es profundamente deísta. Ya que haría falta un dios para percibir esa absoluta concatenación infinita. Hay que imaginar a un dios, un cerebro de dios para imaginar tal lógica. Es un punto de vista divino. De manera que al dios atrincherado en la creación del universo lo restablece la comprensión de ese universo. Se quiera o no, el pensamiento determinista contiene necesariamente a un dios -y es una cruel ironía".

La observación de Valéry es importante, y volveré a ella. El determinismo

sólo es concebible para un observador situado fuera del mundo, cuando lo que nosotros describimos es el mundo desde dentro.

Esta preocupación de Valéry por el tiempo no es un fenómeno aislado a comienzos de nuestro siglo. Podemos citar, sin orden ni concierto, a Proust, Bergson 10 , Teilhard, Freud, Pierce o Whitehead 11 .

Como hemos dicho, el veredicto de la ciencia parecía inapelable. A pesar de ello, una y otra vez se formulaba la pregunta ¿cómo es así? ¿Debemos realmente elegir dramáticamente entre la realidad atemporal que conduce a la alienación humana y a la afirmación del tiempo que parece desafiar la racionalidad científica?

Casi toda la filosofía europea desde Kant a Whitehead se nos muestra como un intento de superar de una u otra forma el imperativo de esta elección. No podemos entrar en detalles, pero resulta evidente que la distinción kantiana entre el mundo del numen y el mundo del fenómeno fue un paso en este sentido, del mismo modo que el concepto de Whitehead sobre la filosofía del proceso. Ninguno de estos intentos ha alcanzado un éxito definitivo. Como consecuencia, hemos asistido a una decadencia progresiva de la "filosofía de la naturaleza". Estoy totalmente de acuerdo con Leclerc cuando dice:

"En el siglo actual, sufrimos las consecuencias del divorcio entre ciencia y filosofía que siguió al triunfo de la física newtoniana en el siglo XVIII. Y no es sólo el diálogo entre ciencia y filosofía el que se ha resentido".

Esta es una de las raíces de la dicotomía en <>. Existe una oposición irreductible entre la razón clásica, que es una visión atemporal, y nuestra existencia, con la consiguiente interpretación del tiempo a modo del torbellino descrito por Nabokov en Mira los arlequines 12 . Pero algo realmente espectacular está sucediendo en la ciencia, algo tan inesperado como el nacimiento de la geometría y la grandiosa visión del cosmos, expresada en la obra de Newton. Poco a poco, somos cada vez más conscientes del hecho de que, a todos los niveles, desde las partículas elementales hasta la cosmología, la ciencia redescubre el tiempo.

Aún estamos inmersos en el proceso de reconceptualización de la física y todavía no sabemos adónde nos llevará. Pero sin duda se abre con él un nuevo capítulo del diálogo entre el hombre y la naturaleza. En esta perspectiva, el problema de la relación entre ciencia y valores humanos, el tema central de este ciclo de Conferencias Tanner, puede contemplarse desde una nueva óptica.

Un diálogo entre ciencias naturales y ciencias humanas, incluidas arte y literatura, puede adoptar una orientación innovadora y quizá convertirse en algo tan fructífero como lo fuera durante el período griego clásico o durante el siglo XVII con Newton y Leibniz.

## 2.

Para entender los cambios que se avecinan en nuestra época, puede servirnos efectuar un balance previo de la herencia científica del siglo XIX. Considero que este legado contenía dos contradicciones básicas o, cuando menos, dos cuestiones básicas que quedaron sin respuesta.

Como es sabido, el siglo XIX fue fundamentalmente el siglo del evolucionismo. Baste con citar los trabajos de Darwin en biología, de Hegel en filosofía o formulación en física de la famosa ley de la entropía.

Empecemos por Darwin, de cuya muerte se cumple este año el centenario. Aparte de la importancia de *El origen de las especies*, publicado en 1859, en el ámbito estricto de la evolución biológica, existe un elemento general implícito en el enfoque darwiniano que quiero poner de relieve <sup>13</sup>. En su concepción, se combinan dos elementos: por un lado, la asunción espontánea de fluctuaciones en las especies biológicas, las que posteriormente, merced a la selección del medio, conducen a la evolución biológica irreversible. Por lo tanto, su modelo combina dos elementos que mencionaremos con frecuencia: la idea de fluctuaciones o azar, de procesos estocásticos y la idea de evolución, de irreversibilidad. Pongamos de relieve que, a nivel biológico, de esta asociación resulta una evolución que corresponde a una complejidad creciente y a la autoorganización.

Es totalmente lo contrario al significado que generalmente se atribuye a la ley de aumento de entropía, tal como la formuló Clausius en 1865. El elemento básico en dicha ley es la distinción entre procesos reversibles e irreversibles. Los procesos reversibles ignoran una dirección privilegiada del tiempo. Piénsese en un muelle que oscila en un medio libre de fricción o en el movimiento planetario. Por el contrario, los procesos irreversibles implican una flecha temporal. Si juntamos dos líquidos, tienden a mezclarse, pero esta mezcla no se observa como un proceso espontáneo. Toda la química se basa en procesos irreversibles. Esta distinción se halla contenida en la formulación de la segunda ley, que postula la existencia de una función, la entropía (entropía, en griego, significa evolución), que, en un sistema aislado, sólo puede aumentar debido a la presencia de procesos irreversibles, mientras que se mantiene constante durante los

procesos reversibles. Por lo tanto, en un sistema aislado, la entropía alcanza al final un valor máximo cuando el sistema llega al equilibrio y cesa el proceso irreversible.

El trabajo de una vida de uno de los más grandes físicos teóricos de todos los tiempos, Ludwig Boltzmann, fue hacer la primera interpretación microscópica de este aumento de entropía. Estudió la teoría cinética de los gases, convencido de que el mecanismo de cambio, de "evolución" se describiría en términos de colisión molecular. Su principal conclusión fue que la entropía  $S$  está estrechamente relacionada con la probabilidad  $P$ . Todos han oído hablar de la célebre fórmula:

$S = k \ln P$  grabada en la lápida de Boltzmann tras su trágico suicidio en 1906. En ella,  $k$  es una constante universal a la que Planck asoció el nombre de Boltzmann. De igual modo que en el caso de Darwin, evolución y probabilidad, azar, están estrechamente relacionados. Sin embargo, el resultado de Boltzmann es distinto al de Darwin, e incluso contradictorio. La probabilidad alcanza el máximo cuando se llega a la uniformidad. Piénsese en un sistema constituido por dos recipientes que se comunican por un pequeño orificio. Es evidente que el equilibrio se alcanza cuando en cada compartimento hay igual número de partículas. Por lo tanto, la aproximación al equilibrio corresponde a la destrucción de condiciones iniciales prevalentes, al olvido de las estructuras primitivas; contrariamente al enfoque de Darwin, para quien evolución significa creación de nuevas estructuras.

Por lo tanto, con esto, volvemos a la primera cuestión, a la primera contradicción heredada del siglo XIX: ¿cómo pueden tener razón a la vez Boltzmann y Darwin? ¿Cómo podemos describir a la vez la destrucción de estructuras y los procesos que implican autoorganización? Sin embargo, como he señalado antes, ambos procesos contienen elementos comunes: la idea de probabilidad (expresada en la teoría de Boltzmann en términos de colisiones entre partículas) y de irreversibilidad que se desprende de esta descripción probabilística. Antes de explicar cómo tanto Boltzmann como Darwin tienen razón, veamos en qué consiste la segunda contradicción.

### 3.

Entramos ahora en una problemática mucho más arraigada que la oposición entre Boltzmann y Darwin. El prototipo de la física clásica es la mecánica clásica, el estudio del movimiento, la descripción de trayectorias

que trasladan un punto de la posición A a la posición B. Una de las propiedades básicas de la descriptiva dinámica es su carácter reversible y determinista. Dadas unas condiciones iniciales apropiadas, podemos predecir con exactitud la trayectoria. Además, la dirección del tiempo no desempeña papel alguno. Predicción y retropredicción son idénticas. Por lo tanto, en el nivel dinámico fundamental no parece existir lugar para el azar ni la irreversibilidad. Hasta cierto punto, la situación es la misma en física cuántica. En ella, no se habla de trayectorias, sino de funciones de ondas. También aquí la función de onda evoluciona con arreglo a leyes reversibles deterministas.

Como consecuencia, el universo aparece como un vasto autómatas. Ya hemos mencionado que, para Einstein, el tiempo, en el sentido de tiempo direccional, de irreversibilidad, era una ilusión. En términos bastante generales, la actitud clásica en relación con el tiempo era una especie de desconfianza, como puede comprobarse en numerosos libros y publicaciones. Por ejemplo, en su monografía, *The ambidextrous Universe*, Martin Gardner dice que la segunda ley únicamente hace improbables ciertos procesos, pero no imposibles. En otras palabras, la ley de aumento de entropía sólo se referiría a una dificultad práctica sin fundamento profundo. De igual modo, en su famoso libro *El azar y la necesidad*, Jacques Monod<sup>14</sup> expone la tesis de que la vida es un simple accidente en la historia de la naturaleza. Es decir, sería un tipo de fluctuación que, por algún motivo no muy claro, es capaz de mantenerse.

Es cierto que, independientemente de nuestra apreciación final de estos complejos problemas, el universo en que vivimos posee un carácter plural y complejo. Desaparecen estructuras, como en los procesos de difusión, pero aparecen otras estructuras, como en biología y, con mayor claridad aun, en los fenómenos sociales. Por lo que sabemos, algunos fenómenos están adecuadamente descritos por ecuaciones deterministas como sucede con los movimientos planetarios, pero otros, como la evolución biológica, implican procesos estocásticos. Incluso un científico convencido de la validez de estas descripciones deterministas dudaría seguramente en inferir que, desde el momento primigenio de la Gran Explosión cósmica, esta conferencia estaba ya escrita en las leyes de la naturaleza.

¿Cómo superar, entonces, la aparente contradicción entre estos conceptos? Vivimos en un universo único. Como veremos, comenzamos a apreciar el significado de estos problemas; se empieza a ver que la irreversibilidad, la vida, están inscritas en las leyes básicas, incluso a nivel microscópico. Además la importancia que atribuimos a los diversos fenómenos que observamos y describimos es bastante distinta, yo diría

incluso que opuesta, a lo que sugiere la física clásica. En ella, como dije, los procesos básicos se consideraban deterministas y reversibles.

Los procesos que implican azar o irreversibilidad eran considerados excepciones, meros artefactos. Hoy, vemos por doquier el papel de los procesos irreversibles, de las fluctuaciones. Los modelos considerados por la física clásica nos parecen corresponder únicamente a situaciones límite que nosotros podemos crear artificialmente, como es el ejemplo de introducir materia en un recipiente y esperar que alcance el equilibrio.

Lo artificial es determinista y reversible. Lo natural contiene elementos esenciales de azar e irreversibilidad. Esto llama a una nueva visión de la materia en la que ésta ya no sea pasiva como la descrita en el mundo del concepto mecánico, sino asociada a actividad espontánea. Este cambio es tan profundo que creo que podemos hablar con justicia de un nuevo diálogo del hombre con la naturaleza.

---

## NOTAS

- 1- *Conferencias Tanner en la Jawaharlal Nehru University, Nueva Delhi, 18 de diciembre de 1982.*
- 2- *Werner Karl Heisenberg (1901-1979). Fue uno de los fundadores de la mecánica cuántica, autor del célebre principio de incertidumbre que lleva su nombre. Premio Nobel de Física 1932.*
- 3- *Gordon Mills, Hamlet's Castle, University of Texas Press, Austin, Texas, 1976.*
- 4- *Einstein-Besso. Correspondence, Ed. P. Speziali, Herman, París 1972.*
- 5- *G. Bruno, "De la causa", Opere Italiane, 5º diálogo, I. Bari, 1907.*
- 6- *I. Leclerc, The Nature of Physical Existence, George Allen and Unwin Ltd., Londres, 1972.*
- 7- *Carl Rubino, Winged Chariots and black Holes: some Reflexions on Science and Literature, manuscrito.*
- 8- *J. P. Vernant, "Le refus d'Ulisse", Le temps de la reflexion, III, 1982.*



9- P. Valéry, *Cahiers, I. Bibliothèque de la Pléiade. Ed. Gallimard, 1973; Cahiers, II, idem, 1974.*

10- H. Bergson (1859-1941), filósofo francés. "L'élan vital" y "la durée" son los conceptos más importantes introducidos por él.

11- . A.N.Whitehead (1861-1947), filósofo neorealista inglés.

12- V. Nabokov, *Mira los arlequines, Ed. Edhasa, Barcelona, 1980.*

13- M. Peckham, *Ch. Darwin, The Origin of Species, in the Variorum Text, University of Pennsylvania. Philadelphia, 1959.*

14- J.Monod, *El azar y la necesidad, Ed. Tusquets. Barcelona 1981.*

**Fuente:** <http://www.upv.es/laboluz/rev/rev-2/prigo.htm>