

# ¿Tan sólo una ilusión?



Ilya Prigogine



METATEMAS  
LIBROS PARA RENSAR LA CIENCIA

«Este mundo, que aparentemente ha renunciado a la seguridad de las reglas estables y permanentes, es, sin lugar a dudas, un mundo de riesgo y aventura. No puede inspirar confianza ciega; a lo sumo, quizás, el mismo sentimiento de discreta esperanza que ciertos textos talmúdicos parecen atribuir al Dios del Génesis».

Así habla Ilya Prigogine, Premio Nobel de Química en 1977 por sus trabajos en el campo de la física, concretamente por la formulación general de la termodinámica de los procesos irreversibles y, en particular, por el análisis de un nuevo estado de la materia: estructuras disipativas, o el orden por fluctuaciones. Y, en otro lugar, también de este libro, continúa:

«He tratado de destacar que, en nuestro tiempo, nos hallamos muy lejos de la visión monolítica de la física clásica. Ante nosotros se abre un universo del que apenas comenzamos a entrever las estructuras. Descubrimos un mundo fascinante, tan sorprendente y nuevo como el de la exploración en la infancia. [...] Hoy en día, casi a finales del siglo, seguimos siendo incapaces de prever adónde nos llevará este nuevo capítulo de la historia humana, pero podemos estar seguros de que, con él, se abre un nuevo diálogo entre el hombre y la naturaleza».

Jorge Wagensberg, director de esta Colección Metatemas, y el propio Ilya Prigogine hicieron la selección de los diez ensayos reunidos con el título general de: «¿Tan sólo una ilusión?». Estos trabajos se sitúan entre 1972 y 1982.

## PRESENTACIÓN

*Muchas personas deploran la imparable especialización de la ciencia. John Ziman, por ejemplo, advierte el inquietante éxito de la consigna: saber cada vez más, aunque de menos cosas. Una cierta (mucho) filosofía moderna se escora curiosamente en sentido inverso; tiende a convertirse en una especie de periodismo de lujo que simpatiza con el lema: saber cada vez menos pero de más cosas. Ambas tendencias tienen un límite patético: saber todo de nada —o sea nada— en el caso de la ciencia, o bien saber nada de todo —o sea igualmente nada— en el caso de la filosofía. Un vistazo al sumario del texto que presentamos es suficiente para percibir cómo el autor, Ilya Prigogine (Premio Nobel de Química 1977 por sus trabajos en física con sugerentes consecuencias en otros dominios del pensamiento), tiende una mano desde la ciencia para comprender la vida y la cultura. Digamos que ofrece alimento físico a la filosofía o bien, en nuestra particular jerga, que se mueve en un territorio genuinamente metatémico.*

*No se trata de usar la presentación para adelantar, elogiar o resumir el texto que sigue, pero sí convienen dos comentarios en cuanto a forma y contenido. En primer lugar, y dado el carácter de esta selección de ensayos (conferencias y artículos), el texto presenta algunas fugaces insistencias o la repetición de cierta glosa, ejemplo o anécdota. Bien, esto es más bueno que malo. Es consecuencia de la espontaneidad del material, es el equivalente de las toses y de los rumores en una grabación en directo. Son ocasionales redundancias (toda redundancia protege alguna información)*

que no hubiera sido lícito eliminar y que ayudan a subrayar ciertos conceptos e ideas.

El segundo comentario se refiere a la presentación del contenido. Es bien sabido que diagramas y fórmulas matemáticas no son sino las muletas del científico y suponen, entre otras cosas, una ayuda para mejorar o para hacer posible la expresión de una idea. Pero también es cierto que fórmulas y diagramas son el terror del no científico que, con sólo verlas, se hace la reflexión de «esto no es para mí». Las muletas no suelen ser armas ofensivas, pero, mientras esto no se aclare, digamos que este libro tiene dos partes. La primera parte no recurre a las matemáticas por lo que puede ser leída confiadamente por todo el mundo. Y, para aquél que esté más próximo a la ciencia, para el científico o para el esforzado y voluntarioso lector, existe también una parte segunda en la que los nuevos conceptos e ideas se presentan, desarrollan y discuten según el rigor científico. Destaquemos el capítulo noveno que contiene una buena perspectiva general de los fundamentos físicos utilizados en la primera parte.

Jorge Wagensberg.

## PRIMERA PARTE

## Tan sólo una ilusión<sup>[1]</sup>

### 1

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

«¿No es extraño cómo 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 indisociable de otra: el significado del tiempo. Para nosotros, tiempo y existencia humana y, en consecuencia, la realidad, son conceptos indisociables. Pero ¿lo son necesariamente? Citaré la correspondencia entre Einstein y su viejo amigo Besso.<sup>[4]</sup> 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 sólo 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:<sup>[5]</sup>

*«El universo es, por lo tanto, uno, infinito e inmóvil. Uno, 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, aún, eterno e inter-*



minable, 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 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 lo que nada puede añadirse y nada sustraerse, ya que el universo no tiene partes proporcionales. *No es alterable* en ninguna otra disposición, porque no tiene nada externo por lo que pueda sufrir 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:<sup>[6]</sup>

- a) sustancias inmutables, átomos, moléculas o partículas elementales;
- b) 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 Cari 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».<sup>[7]</sup>

*La Odisea* representa el contrapunto dialéctico de *La Ilíada*.<sup>[8]</sup> 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 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, en su *Cimetière marin*, describe la lucha del hombre que se enfrenta al tiempo duración que, ilimitado, se extiende ante nosotros. En sus *Cahiers*<sup>[9]</sup> —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:<sup>[10]</sup>

*«Le déterminisme —subtil anthropomorphisme— dit que tout se passe comme dans une machine telle qu'elle est comprise par moi. Mais toute loi mécanique est au fond irrationnelle, expérimentale. (...) Le sens du mot déterminisme est du même degré de vague que celui du mot liberté.*

*»(...) Le déterminisme rigoureux est profondément déiste. Car il faudrait un dieu pour apercevoir cet enchaînement infini complet. Il faut imaginer un*

*dieu, un front de dieu pour imaginer cette logique. C'est un point de vue divin. De sorte que le dieu retranché de la création et de l'invention de l'univers est restitué pour la compréhension de cet univers. Qu'on le veuille ou non, un dieu est posé nécessairement dans la pensée du déterminisme et c'est une rigoureuse ironie».*<sup>[11]</sup>

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,<sup>[12]</sup> Teilhard, Freud, Pierce o Whitehead.<sup>[13]</sup>

Como hemos dicho, el veredicto de la ciencia parecía inapelable. A pesar de ello, una y otra vez se formulaba la pregunta ¿cómo esto es así? ¿Debemos realmente elegir dramáticamente entre la realidad atemporal que conduce a la alienación humana y 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.<sup>[14]</sup> 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 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».

Ésta es una de las raíces de la dicotomía en «dos culturas». 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*.<sup>[15]</sup> 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 adonde 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.

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 la 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>[16]</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,<sup>[17]</sup> 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<sup>[18]</sup> 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.<sup>[19]</sup> 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 ya no se habla de trayectorias, sino de funciones de onda. 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