

EL NUEVO ORDEN DEL TIEMPO. EN TORNO A LA OBRA DE ILYA PRIGOGINE

Ramón Queraltó. Universidad de Sevilla

Resumen: El núcleo de este artículo está dedicado a exponer las ideas filosóficas de I. Prigogine en torno a la nueva significación del tiempo en la física de procesos irreversibles. Se analizan sus orígenes, bases científicas, y la interpretación de la historia de la ciencia que se deriva de todo ello. Se destaca la «internalización» del tiempo en los procesos físicos, así como el carácter universal de este nuevo sentido temporal. Finalmente, se apuntan algunos rasgos de la nueva imagen de la Naturaleza que se sigue de estas concepciones.

Abstract: This paper is devoted to the exposition of Prigogine's philosophical ideas on the new meaning of time in irreversible physical processes. Its origins, scientific grounds, and the interpretation of the history of science derived from it are especially analysed. It is therefore highly interesting to consider the feature of time as «internal» to physical processes and the universal sense of it in there as a rule. Finally, some traits of the picture of Nature derived from these conceptions are specifically indicated.

«¿Cuál podría ser nuestra conclusión? Más que nunca el tiempo aparece en el centro. Quizá podríamos llegar a decir que toda cosmología que comienza con algún guión para el nacimiento de nuestro universo expresa de una forma u otra que el tiempo precede a la existencia.»¹ Con esta declaración terminaba Ilya Prigogine su intervención en un foro de científicos y filósofos que, sobre el tema del estatuto del azar en el actual conocimiento científico, se reunió hace ya algunos años en nuestro país². Puede afirmarse sin riesgo que se resume en ella el núcleo esencial de las ideas filosóficas de su autor acerca del significado del cambio científico del último tercio del siglo XX.

Se descubre, en primer lugar, la fundamentalidad del tiempo para la comprensión del *sentido* del conocimiento científico, y, en consecuencia para la dimensión filosófica inmersa en el mismo. Prigogine, Premio Nobel de Química en 1977 por su contribución esencial a la teoría de estructuras

¹ Ilya Prigogine: *Enfrentándose con lo irracional*, en AA.VV., *Proceso al azar*, Barcelona, Tusquets, 1986; p. 184.

² Encuentro en el Teatro-Museo Dalí de Figueras (Gerona) celebrado el 1 y 2 de Noviembre de 1985, bajo el patrocinio de diversas instituciones universitarias y civiles, y coordinado por J. Wagensberg.

disipativas y termodinámica de sistemas alejados del equilibrio, no ha desarrollado únicamente una labor técnica en su campo científico a través de la dirección del Centro de Mecánica Estadística de Austin (Texas) y en la Universidad Libre de Bruselas, sino que ha reflexionado sobre la significación filosófica de su obra científica, proporcionando un rico material de discusión en el que viene insistiendo sobremanera en los últimos años.³ No sería una exageración afirmar que Prigogine es uno de los científicos actuales más autoconscientes de la realidad de la mutación de la ciencia acaecida en la última mitad de siglo, pronosticando incluso las líneas de su posible evolución en un futuro inmediato. En esta perspectiva, el *cambio de sentido* de la concepción del tiempo juega un papel completamente primordial. De ahí que su comprensión del mismo constituya la clave para entender las ideas filosóficas de fondo de Prigogine y su peculiar interpretación de la ciencia y su historia. Y es preciso destacar desde el principio que dicha interpretación se enfrenta rotundamente con las concepciones más clásicamente admitidas, pero, al mismo tiempo, trata de llegar a una síntesis entre las teorías contrapuestas. Por ello, el interés indudable que despierta en el ámbito filosófico, y su pertinente inclusión en un volumen como el presente.

Especialmente porque, en buena medida, Prigogine puede representar la conciencia del fin de una época científica —la representada por la ciencia del determinismo y la reversibilidad del tiempo en los sistemas físicos— y, simultáneamente, el señalamiento de la apertura hacia otra manera de entender la ciencia que es a la vez superadora e integradora de la anterior. Sería ésta la derivada del indeterminismo y la irreversibilidad temporal de los procesos de la Naturaleza, la cual, no ha hecho sino empezar según se desprende del conjunto de sus libros principales.⁴ En este sentido amplio, cabe entender las ideas del científico belga dentro del sentido genérico de crisis de la Modernidad que recorre nuestra época a finales del siglo XX, centradas obviamente en la dimensión científica que se sitúa también

³ El autor ha tenido la oportunidad de conocer a I. Prigogine en diversos congresos de la «Académie Internationale de Philosophie des Sciences». El último en Nápoles en 1992, donde insistió otra vez en las ideas que se exponen en esta contribución extendiéndolas ya a una concepción más general de un universo abierto e innovativo. Obviamente, se reflejarán en la presente contribución aportaciones de Prigogine procedentes de sus intervenciones en estas ocasiones, así como de conversaciones privadas mantenidas con él. En todo momento, no obstante, se procurará remitir al lector a las referencias bibliográficas oportunas.

⁴ Entre éstos cabe especialmente señalar dos: *From Being to Becoming. Time and Complexity in the Physical Sciences*, San Francisco, W.H. Freeman Co., 1980; *La nueva alianza. Metamorfosis de la ciencia*, en colaboración con I. Stengers, Madrid, Alianza Universidad, 1983 (la edición española aporta variantes importantes respecto de la edición original: *La nouvelle alliance. Métamorphose de la science*, Paris, Gallimard, 1979). A lo largo de nuestra exposición se indicarán otras contribuciones de interés para nuestro tema.

dentro de esa crisis general; dimensión que lógicamente no escapa de ella, tanto más cuanto la racionalidad científica ha conformado paradigmáticamente la racionalidad moderna ahora en inapelable declive. De ahí que las concepciones que se van a exponer no deban ser consideradas sólomente como simples exponentes de un cambio de teorías científicas, sino que su alcance verdadero apunta hacia una significación más vasta. Ni tampoco debe confundir su aparente sencillez, fruto sin duda de una elegante construcción mental, pues, por debajo de esto, remiten a una forma de comprensión de la relación hombre-Naturaleza muy distinta a la instituída en los siglos de la Modernidad y que, como se podrá apreciar, podría cambiar radicalmente nuestro propio autoentendimiento y el de nuestro puesto dentro de la realidad físico-natural.

1

El itinerario de Prigogine se inicia con su interpretación del sentido general de la física clásica. El imponente edificio newtoniano en donde el tiempo constituía fundamentalmente una variable matemática se apoya de hecho en una idealización de las condiciones físicas⁵, es decir, el diálogo empírico del sujeto científico con la realidad tenderá especialmente a suponer las variables físicas en una situación límite que sea directamente racionalizable de forma matemática. En este sentido, el científico clásico preparará, o incluso, *aislará*, el objeto «hasta que se parezca a una *situación ideal*»⁶. De ello, a fin de cuentas, dependerá la inteligibilidad final del problema estudiado desde la perspectiva clásica. Sabemos perfectamente, por ejemplo, que el principio de inercia como tal no se «efectúa» nunca en la realidad; ahora bien, su formulación y aplicación, en cuanto caso ideal, es imprescindible para el desarrollo de la mecánica. Y, en consecuencia, para todo el despliegue de la física clásica.

Esta forma de proceder no es del todo aséptica, aun cuando sea una de las máximas realizaciones del sujeto cognoscente en busca de la objetividad epistemológica. En efecto, pues ocasiona, entre otras consecuencias que no inciden directamente en nuestro tema, un peculiar modo de comprensión del tiempo físico que se expresa en la equivalencia de sus dos posibles sentidos *direccionales*. En las ecuaciones fundamentales de la mecánica se observa que el tiempo de los fenómenos físicos se halla siempre elevado al cuadrado, por lo que, desde el punto de vista físico-matemático, serían equivalentes t y $-t$; es decir, el sentido temporal es completamente reversible, de ahí que la predictibilidad de la evolución física en el tiempo pueda

⁵ I. Prigogine: *La nueva...*, p. 44.

⁶ *Ibíd.*

considerarse asimismo completa:

«La dinámica hace de la reversibilidad la propiedad de toda evolución dinámica... Define como *matemáticamente equivalentes* las transformaciones de $t \rightarrow -t$, es decir, la inversión del sentido de recorrido del tiempo.»⁷

Esto implica, además, que las velocidades puedan ser consideradas como reversibles igualmente, pues la formulación matemática lo permite. Por ello, concluye Prigogine, «lo que una evolución dinámica ha realizado, otra evolución, definida por la inversión de las velocidades, puede deshacerlo y restaurar una situación *idéntica* a la situación inicial (subrayado nuestro)»⁸. De ahí que en el contexto de la física clásica existan el diablillo de Laplace y la posibilidad de un conocimiento exhaustivo del sistema físico investigado. Y también, que la aparición de novedades *sensu stricto* en la evolución del universo físico no esté permitida, pues todo suceso está precontenido en las condiciones iniciales y en las leyes físicas que rigen su decurso temporal sin posible excepción: causalidad determinista y reversibilidad temporal son las dos caras de una misma moneda.

El problema, según nuestro autor, comienza cuando, dentro del propio marco histórico de la ciencia clásica, se constatan fenómenos que *naturalmente*, o sea, por su evidencia empírica inmediata, parecen transgredir la reversibilidad. Se trata de los fenómenos de transmisión del calor, el cual fluye siempre en una dirección definida, esto es, del cuerpo más caliente al menos caliente hasta alcanzar el estado de equilibrio. El análisis de tales situaciones físicas originará el nacimiento de nuevas ramas del saber científico que, aún situándose por «necesidad histórica» dentro del ámbito de comprensión expuesto más arriba, constituirán progresivamente un elemento *ajeno* a algunas de las categorías ontológicas y epistemológicas en las que dicha comprensión viene fundada. Fourier, Carnot, Clausius, Thomson, etc., hasta llegar a Boltzmann, son los nombres que se destacan en esta evolución que desembocará finalmente en la instauración de la termodinámica y el concepto de entropía.

Dado que una exposición detallada de esto último nos alejaría de nuestro cometido actual, se incidirá tan sólo en aquellos aspectos concernientes fundamentalmente al problema del tiempo. El primer punto a dejar en claro es que el «nuevo» concepto de tiempo no procede ni de teorizaciones metafísicas ni de abstracciones matemáticas, sino que proviene de

⁷ *Ibíd.*, p. 64.

⁸ *Ibíd.*, pp. 64-65.

hechos muy concretos, los fenómenos termodinámicos, los cuales imponen ciertas consecuencias:

«Sabemos hoy que, efectivamente, el tiempo-movimiento criticado por Bergson, no es suficiente más que para una categoría restringida de sistemas dinámicos simples. Pero no hemos llegado a esta conclusión por un abandono del método científico ni del pensamiento abstracto, sino a través del descubrimiento de las limitaciones intrínsecas de los conceptos puestos en marcha por la ciencia clásica.»⁹

Dos aspectos hay que resaltar aquí. Por un lado, que el análisis científico basado en el cuerpo de conocimiento de la dinámica clásica no es ya tan universal como se pretendió en sus comienzos: no todos los fenómenos físicos *caen bajo* sus concepciones. Se podrán utilizar éstas todavía como aproximación y a falta de un instrumental teórico aún no construido suficientemente, pero sin olvidar que la observación de tales fenómenos muestra en ellos una dirección temporal definida, no reversible por tanto. En definitiva, una *flecha del tiempo*. En segundo lugar, que todo eso implica una limitación *intrínseca* de los conceptos clásicos, es decir, que éstos podrán racionalizar y hacer inteligibles un campo determinado de fenómenos, pero que, al mismo tiempo, existe otro campo —o campos— que requieren otras concepciones *igualmente* científicas y válidas. Justamente, la tarea que se impone Prigogine es la de construir el puente de unión entre ambos campos, siendo esa la intención de su obra científica recogida en su otro libro citado con anterioridad¹⁰. Ahora bien, una tarea semejante no podrá ser la obra de un hombre sólo, siendo consciente el autor de sus propias limitaciones.¹¹

En esta evolución señalada es decisivo el paso a la formulación del Segundo Principio de la Termodinámica, especialmente en un aspecto. Se trata de la universalización de la entropía a todo fenómeno de transmisión

⁹ *Ibid.*, p. 101. Es interesante destacar aquí el hecho de que Prigogine se apoye en Bergson —filósofo de la «durée»— para interpretar el alcance de la irreversibilidad temporal, lo cual le llevará directamente a considerar el universo físico correspondiente como un mundo de *procesos* y no de trayectorias dinámicas de individualidades, como se verá más adelante. No en vano, el otro filósofo al que recurrirá inmediatamente será Whitehead. Cf. *ibid.*, p. 101 ss.

¹⁰ *From Being to Becoming...*, o.c. Cf. especialmente las páginas del prefacio, p. XI ss.

¹¹ Es sintomático al respecto que Prigogine escriba muchos de sus textos, científicos e histórico-filosóficos, en colaboración. Así, aparte de los ya indicados en notas anteriores, se podrían añadir ahora algunos otros: «Rédecouvrir le temps», con S. Pahaut, en *L'art et le temps*, Paris, Albin Michel, 1985; «Irreversibility and Non-locality», con B. Misra, *Letters in Mathematical Physics*, 7 (1983), p. 421 ss.; *Exploring Complexity*, con G. Nicolis, München, Piper, 1982. «Dynamics and Intrinsic Irreversibility», con I. Antoniou, en *Conceptual Tools for Understanding Nature*, ed. by G. Costa, G. Calucci y M. Giorgi, London, World Scientific Pub., 1993.

de energía. No se trata ya de una direccionalidad constatada respecto de los fenómenos de flujo del calor, ése pudo ser el comienzo del problema; ahora bien, la formulación del segundo principio señala que el aumento de entropía posee el rango específico de ley física *general*, por lo que puede afirmarse que indica una dirección objetiva en la evolución de los procesos físicos. Todo lo cual significa cosecuentemente que, a su vez, se dá una direccionalidad genérica del tiempo:

«Aquí ya no es cuestión de transformaciones irreversibles en tanto que aproximaciones de transformaciones reversibles: el crecimiento de la entropía muestra una *evolución espontánea* del sistema. La entropía llega a ser así un “indicador de evolución”, y traduce la existencia en física de una “flecha del tiempo”». ¹²

El establecimiento, pues, de la termodinámica con sus principios propios, origina una situación no muy deseable para una mentalidad clásica, a saber, la existencia de dos descripciones distintas del mundo físico: la dinámica clásica y la termodinámica. La unidad del conocimiento científico basada en la mecánica parece que no es una construcción tan simple como era de esperar. Todavía, no obstante, existirá una cerrada resistencia durante algún tiempo a otorgar un rango parejo a la «nueva» ciencia de los procesos irreversibles, criticando sobre todo su necesidad de recurrir inevitablemente al conocimiento probabilístico. Pues, efectivamente, ¿acaso no era éste la medida de nuestra ignorancia?

El debate en torno a la significación de la probabilidad llega hasta final del siglo XX. ¹³ Ciertamente que la mecánica cuántica ha avivado especialmente el problema, y que no sólo se trata del caso de la termodinámica, pero esta persistencia muestra sin duda la importancia básica del problema. En el fondo, y para centrarnos en lo más relevante para nuestro cometido ahora, hay que decir que en la interpretación del sentido de la probabilidad se enfrentan dos concepciones diferentes sobre la ciencia y sobre el universo físico. De una parte, la mentalidad clásica que acepta la probabilidad como un mal menor impuesto por el gran número de «individuos físicos» implicados en los problemas termodinámicos. Así, pongamos por caso, no será necesario conocer con toda exactitud dinámica los parámetros definitorios

¹² *La nueva...*, p. 125.

¹³ Piénsese, por ejemplo, en el libro de Popper, *Teoría cuántica y el cisma en física*, Madrid, Tecnos, 1985; el cual puede considerarse terminado inicialmente hacia 1955, pero que no vio su primera edición en inglés hasta mucho más tarde: *Quantum Theory and the Schism in Physics*, London, Hutchinson, 1982, señal evidente de que la actualidad de los problemas allí planteados, y entre ellos el del sentido de la probabilidad en física, no había ni mucho menos caducado.

de cada molécula de un gas, pero... técnicamente, o sea, matemáticamente, sería factible, y, en consecuencia, el modelo mecánico seguiría siendo el paradigma a tener en cuenta. Nuestro conocimiento es probabilístico porque, anticipadamente, se renuncia a la exactitud deseable, manteniéndonos a sabiendas en un tipo «intermedio» de conocimiento científico, y, justamente, esa renuncia expresa la medida de nuestra ignorancia. Quizás como máximo representante de esta línea de pensamiento cabría situar, a pesar del significado revolucionario de su obra científica, a Einstein, quien, en este tema permaneció incólume hasta su desaparición.¹⁴

De otra parte, la interpretación que afirma que la probabilidad es una expresión fidedigna de los caracteres objetivos de la realidad físico-natural, y que por tanto, no sólo no supone ignorancia alguna, sino que además aumenta nuestro conocimiento. A esta posición, lógicamente, se adhiere Ilya Prigogine.

A nivel filosófico, la diferencia entre ambas concepciones es ciertamente notable. La primera considera la probabilidad como un *defecto* gnoseológico dentro del cuadro establecido del conocimiento científico. Por el contrario, la segunda otorga valor epistemológico y ontológico al hecho físico de la probabilidad. Además, es preciso destacar que la interpretación de la probabilidad no se cierra sobre sí misma en ninguna de las dos concepciones, es decir, no se trata de un problema aislado respecto al sentido del conocimiento y a la imagen comprensiva de la Naturaleza, sino que está conectada directamente con otros rasgos determinantes de ambos aspectos. De este modo, la concepción clásica seguirá defendiendo el determinismo y la reversibilidad básicas de los fenómenos por cuanto su interpretación de la probabilidad realmente no afecta a la base categorial que sustenta su comprensión de la ciencia y del mundo físico. En efecto, la probabilidad es un instrumento operativo que aparece a causa de su comodidad inherente en determinados problemas concretos.

Sin embargo, las consecuencias del *status* científico que es necesario conceder a la probabilidad muestra un alcance muy superior para la «nueva» visión de las cosas propugnada por Prigogine. La magnitud del problema se asemeja, por ejemplo, a la que encontramos en Popper cuando fundamenta el valor epistemológico pleno de la mecánica cuántica¹⁵. La encrucijada es clara: si se sigue manteniendo la concepción de la probabilidad como medida de la ignorancia científica, entonces toda teoría probabilista —incluida la mecánica cuántica— es un «mal menor» que es preciso

¹⁴ Véanse las famosas declaraciones de Einstein al final de su vida sobre los problemas que su fiel amigo M. Besso le planteaba al respecto en: A. Einstein and M. Besso, *Correspondance 1903-1955*, Paris, Hermann, 1972. Especialmente, sus comentarios, tras la muerte de su amigo, acerca de la ilusión que constituyen el pasado y el futuro (p. 538).

¹⁵ Véase Karl R. Popper: *Quantum Theory and the Schism in Physics*, ya citado.

aceptar debido a la naturaleza misma de los problemas planteados. Ahora bien, si es preciso ir más allá y considerar las teorías probabilistas al mismo nivel de rigurosa científicidad que las teorías dinámicas, entonces la probabilidad debe responder a un *carácter propio y real* de la Naturaleza. En definitiva, de lo que se trata es de dilucidar si la probabilidad es objetiva, o sea, si pertenece a la objetividad científica del mismo modo que el marco determinista. Para Popper y Prigogine la respuesta es clara: el indeterminismo es una dimensión real *observable* en los fenómenos. Como es sabido, el primero establecerá una teoría metafísica especial para explicarlo, la teoría de las propensiones; para Prigogine bastará la constatación experimental de los fenómenos irreversibles, los cuales remiten necesariamente a leyes probabilistas. Es más, el modo de conocimiento científicamente *adecuado* a dichos fenómenos son las leyes probabilistas, de ahí que no sólo no sean medida de nuestra ignorancia sino que aumenten el conocimiento:

«La transición a las probabilidades no supone ninguna pérdida de información. En ningún momento apelamos a nuestra ignorancia o a factores subjetivos. Por el contrario, es el *tipo* de movimiento, su *carácter* caótico, lo que hace posible la transición a una descripción probabilista (subrayado nuestro)»¹⁶

En suma, el significado final de la probabilidad es el de una dimensión estructural real de la Naturaleza. Y con ella se entra de lleno en el núcleo central de las concepciones filosóficas que desarrolla Prigogine.

2

Sus tres puntos esenciales de apoyo los señala con toda claridad nuestro autor al principio de *From Being to Becoming*:

«Primero, los procesos irreversibles son tan *reales* como los reversibles; no corresponden a una suerte de aproximaciones suplementarias que superpongamos por necesidad a las leyes reversibles en el tiempo.

»Segundo, los procesos irreversibles juegan un papel *constructivo* fundamental en el mundo físico, constituyendo las bases de importantes procesos que aparecen con particular claridad a nivel biológico.

»Tercero, la irreversibilidad está profundamente enraizada en la dinámica. Se puede decir que la irreversibilidad comienza allí donde los conceptos básicos de la mecánica clásica o la mecánica cuántica (tales como trayectorias o funciones de onda) dejan de ser observa-

¹⁶ *La nueva...*, p. 245.

bles... Existe una formulación microscópica que se extiende más allá de las formulaciones convencionales de la mecánica clásica y de la mecánica cuántica y que pone de manifiesto el papel de los procesos irreversibles.»¹⁷

Esta larga cita se justifica porque no sería exagerado afirmar que resume la quintaesencia de la visión de Prigogine, en tal medida que lo que seguirá no será sino simple desvelación de todo lo que en ella se contiene.

En primer lugar, se parte de la realidad *evidente* de los procesos termodinámicos. Tanto que Prigogine dedica un entero capítulo en sus obras más importantes a la descripción del desarrollo de la termodinámica, refiriéndose a la división tripartita de termodinámica de los fenómenos en equilibrio, de fenómenos cerca del equilibrio, y a la termodinámica de procesos alejados del equilibrio, mostrando sus particularidades y la distinta cualidad de los instrumentos matemáticos a emplear en cada una de ellas (linealidad o no-linealidad de las ecuaciones)¹⁸. Obviamente, la más rica en significado filosófico será la última, pues en ella es donde se hará más patente la diferencia fundamental de los fenómenos termodinámicos por contraposición a los fenómenos dinámicos «clásicos». De ahí que sea preciso otorgar un status *real* a los sistemas y procesos termodinámicos sin reducción posible a una racionalización clásica.

En segundo término, se realza algo completamente determinante. Y es que, sin la existencia de estos fenómenos irreversibles, estructuras disipativas, etc., no tendría explicación posible, desde la racionalidad científica, todo el ancho campo de los sistemas y fenómenos biológicos. Esto quiere decir que la irreversibilidad y su «ciencia asociada» no sólo sobrepasan el ámbito de la dinámica, sino que encuentran un lugar propio y específico de aplicación, a saber, el ámbito de los fenómenos físicos de autoorganización, de neguentropía, y de surgimiento del orden a partir de estados más desordenados. En definitiva, se trata de que la irreversibilidad posee una potencialidad *constructora* de la realidad, y no es un caso más entre la inmensa gama de fenómenos físicos. De ahí que su importancia sea mucho más acusada que la que se podría deducir de una simple consideración matemática que anulara la reversión del tiempo para dar satisfacción a las evidencias empíricas. O, con otras palabras, para Prigogine su alcance no es sólo instrumental sino ontológico.

Por último, a pesar de la *ruptura* que supone todo ello respecto al entendimiento tradicional de la física clásica, existe una indudable línea de continuidad que autoriza la aspiración a la unidad del conocimiento científ-

¹⁷ From *Being to...*, p. XIII.

¹⁸ Cf. por ejemplo *La nueva...*, pp. 142 ss.

fico. Pues, en efecto, la física de la irreversibilidad no anula a la dinámica, sino que se enfaza en ella porque entra en escena cuando ésta deja de ser operativa. No se trata por tanto de un rechazo de la dinámica y sus categorías filosóficas inherentes —determinismo, necesidad, etc.—, sino de ensanchar el ámbito de la ciencia y descubrir, al lado de uno de sus capítulos más importantes, otra forma de análisis científico que viene exigido por la realidad misma y que postula, principalmente en el caso de los sistemas alejados del equilibrio termodinámico, el indeterminismo y el azar. No en vano afirmará Prigogine que «los procesos de autoorganización en condiciones muy alejadas del equilibrio corresponden a una influencia recíproca entre azar y necesidad, entre fluctuaciones y leyes deterministas»¹⁹. De ahí, la necesaria tarea de una nueva síntesis, objetivo que mueve toda la obra del científico de origen ruso, si bien hay que decir que este problema no está todavía resuelto suficientemente por él.²⁰

En ese camino será preciso caracterizar lo más exactamente posible tanto los fenómenos irreversibles más significativos como la metamorfosis de la ciencia que ellos exigen. Así se apreciará mejor no sólo la ruptura mencionada, sino la posibilidad de unidad de la ciencia que no abandona nunca la mente de Prigogine.

Un punto primordial que se destaca desde el principio es que, frente a la simplicidad casi visual de los fenómenos físico-clásicos, los fenómenos irreversibles se caracterizan por su complejidad. No se trata ya de la trayectoria de un móvil en el espacio del que se puede conocer el momento cinético en un instante determinado de dicha trayectoria; por el contrario, ahora se trata de una multitud de elementos que conforman una posible direccionalidad en su evolución física y de los que se posee un conocimiento probabilístico (tanto a nivel individual, en el caso improbable de que así se requiriera, como colectivo). No se dan trayectorias sencillas expresables mediante ecuaciones lineales, sino que en vez de ellas se exigen aquí instrumentos matemáticos no-lineales para comprender —y predecir en lo posible— la evolución del sistema. Por ello, la convicción básica de la ciencia clásica de que «el mundo microscópico es simple y está gobernado por leyes matemáticas simples»²¹ no puede mantenerse tras todo lo expuesto más arriba. En realidad, la regla es la indeterminación y la irreversibilidad. Un primer paso lo constituye la mecánica cuántica, en la que el con-

¹⁹ *La nueva...*, p. 165.

²⁰ Al respecto es preciso decir que las relaciones entre azar y necesidad se mantienen a un nivel descriptivo, o sea, se afirma que «todo ello se dá, es constatable»; pero la síntesis *global* de ambas categorías de comprensión dista mucho de haberse hecho de un modo integrador. Justamente, el problema se origina a partir de la «constatación del hecho», y no puede quedarse en un nivel descriptivo.

²¹ Cf. *La nueva*, p. 18.

cepto de trayectoria deja de tener un sentido físico definido como consecuencia de las relaciones de indeterminación. Ahora bien, con ella no se consuma todavía el comienzo de la metamorfosis de la ciencia. En efecto, pues si bien el concepto de trayectoria es reemplazado por el de paquete de ondas y se hace necesaria la amplitud de probabilidad, el movimiento de la "realidad" que viene designada por dicho paquete de ondas sigue siendo reversible (la ecuación de onda de Schrödinger así lo muestra)²². En este sentido la indeterminación cuántica se situaría en un estadio intermedio frente a la *ruptura* implícita en los fenómenos irreversibles. Porque, justamente, dichos fenómenos conforman un *mundo de procesos* frente al mundo de trayectorias de la ciencia clásica.

Y en la medida en que la entropía no puede ser considerada falta de conocimiento, sino que además es una dimensión *constructiva* de lo real, este mundo de procesos complejos adquiere tanta o más relevancia que el viejo mundo de trayectorias. En el fondo, pues, los fenómenos irreversibles con su flecha del tiempo incorporan una nueva forma de racionalidad para la comprensión de la Naturaleza. De hecho, para Prigogine es esta nueva racionalidad la que mejor se corresponde con la estructura de la realidad física progresivamente desocultada por la ciencia: lo que en verdad existe es la complejidad y la ruptura de la simetría temporal, pues «la estabilidad y la simplicidad son excepciones»²³. La reversibilidad señala una situación-límite de los fenómenos naturales, es decir, cuando se dan condiciones excepcionales; de ahí que, en muy buena medida, el paradigma clásico sea una idealización, como ya se expuso al comienzo.

Nuevos conceptos que poseen ya su correspondiente aparato matemático irrumpen en la racionalización científica de la Naturaleza: fluctuaciones, bifurcaciones, atractores, turbulencias en torno al punto de bifurcación, etc. Y se refieren expresamente a esas características cualitativas de la complejidad y la inestabilidad fundamentales. Ejemplo paradigmático de la fundamentación matemática de la nueva racionalización puede ser considerado el operador microscópico de entropía *M*. No es posible descender aquí al detalle técnico de este operador matemático, el cual se encuentra descrito profusamente en diversas obras²⁴, nos limitaremos por tanto a describir su significado genérico y consecuencias.

El resultado principal de la aplicación de *M* a la comprensión de los fenómenos irreversibles es lo que se podría denominar «internalización» del tiempo. Esto significa que el fenómeno posee un tiempo propio que viene descrito específicamente por medio de ese nuevo operador de entropía referido al nivel microscópico y simbolizado por *M*. Este tiempo a su

²² Cf. *ibíd.*, p. 189 ss.

²³ *Ibíd.*, p. 208.

²⁴ Véase *La nueva...*, p. 245 ss., y *From Being...*, p. 207 ss., entre otras.

vez es analizado a través del operador T íntimamente ligado al operador M. La importancia de este tiempo *interno* es evidente. En la mecánica clásica el tiempo era un elemento ajeno al desarrollo intrínseco del fenómeno y no interactuaba con el movimiento, se consideraba como uno de los dos grandes depósitos categoriales dentro de los cuales sucedían los eventos físicos (el otro era obviamente el espacio). De ahí que el fenómeno continuase siendo sustancialmente el mismo en una u otra dirección posible de este tiempo externo. Ahora bien, las cosas cambian especialmente en el análisis de los fenómenos alejados del equilibrio termodinámico. En efecto, pues, en primer término existe una dirección privilegiada de la evolución temporal, esto es, la definida por el factor entrópico. Lo cual implica que el tiempo se convierte en una característica propia del fenómeno, es decir, que el fenómeno no pueda ser indiferente al transcurrir de la duración. Por eso el tiempo deviene interno al mismo fenómeno. Y es para la racionalización científica de este «nuevo» tiempo para la que se adopta los operadores M y T. Incluso su significado va más allá no sólo de la mecánica clásica, sino también de la mecánica cuántica, pues aunque ésta adopta la forma de una teoría probabilista, sin embargo «se basa en *amplitudes* de probabilidad que evolucionan reversiblemente en el tiempo, no existe ninguna asociación en mecánica cuántica entre la probabilidad y la irreversibilidad»²⁵. La relevancia filosófica de esta nueva idea del tiempo se hace así especialmente patente. Puede afirmarse que, en el esquema de metamorfosis de la ciencia que tiene en mente Prigogine, la teoría de la relatividad y la mecánica cuántica ocupan un lugar «intermedio», pues, si bien cada una de ellas supone avances, en distintos aspectos, respecto a la idealización clásica, no originan las consecuencias finales que traerá consigo la termodinámica de fenómenos irreversibles.

Otra característica destacable que se desprende del operador M es que el tiempo macroscópico se convierte en una cantidad promedio referida al nuevo operador temporal T. Así, y en expresión normalizada

$$dt = d\langle T \rangle$$

Por lo que el tiempo «ordinario —clásico—» puede considerarse una consecuencia de T cuando se producen determinadas condiciones, de donde se deduciría que aquél sería un tipo determinado del tiempo simbolizado por T, o sea, algo derivado y no primitivo.²⁶

Esto último posee una importancia extraordinaria respecto a su significación filosófica. Pues, si el tiempo clásico es un concepto derivado, enton-

²⁵ *La nueva...*, p. 245.

²⁶ Véase la construcción matemática de todo ello en *From Being...*, p. 209.

ces será esencialmente la flecha del tiempo, la direccionalidad temporal interna de los fenómenos físicos, la nueva concepción del tiempo en suma, la que constituirá un *concepto primitivo* del conocimiento científico. Prigogine, siguiendo en esto a Bohr y sin atenerse a otra noción más técnica, entiende por tal un elemento con el cual toda descripción científica ha de ser compatible, sin tener por ello un carácter apriorístico.²⁷ Se trata por tanto de elementos categoriales reales sin los cuales es imposible cualquier explicación consistente de la Naturaleza. «Ninguna ciencia, dirá, ya sea de comportamientos temporales reversibles como es el caso de la dinámica, o sea de procesos irreversibles, sería posible sin él».²⁸ Ciertamente, pues si consideramos las leyes reversibles clásicas es claro que de ellas no podemos deducir una diferencia *física* efectiva entre pasado y futuro; lo cual haría imposible la explicación de los seres vivos, ya que, por ejemplo, «la ameba no podría buscar alimento si no percibiera de alguna manera la diferencia entre pasado y futuro», e igualmente,

«Antes de estudiar el movimiento “reversible” del péndulo sin rozamiento o el proceso irreversible de la conducción térmica, un científico ha de tener ya una percepción de la diferencia entre el pasado y el futuro. Si no, ¿cómo podría expresar la diferencia entre procesos reversibles y procesos irreversibles?»²⁹

Por ello, concluye, «la diferencia entre pasado y futuro es un concepto precientífico»³⁰.

Lo importante de todo esto es que no se trata de algo que se aplique tan sólo a un determinado ámbito de la realidad, como el de los seres vivos, lo cual hubiera podido pensarse a raíz del ejemplo aducido en el texto anterior. Por el contrario, al encontrarse esa direccionalidad en las estructuras físicas en general, o sea, también en el ámbito microscópico no necesariamente biótico, el alcance del nuevo sentido *interno* del tiempo se convierte en algo universal:

«El descubrimiento de procesos irreversibles en sucesos que van desde el campo de las partículas elementales hasta el de la cosmología demuestra que ésta es una característica común del universo como un todo»³¹

²⁷ *Ibíd.*, p. XV.

²⁸ *Ibíd.*, p. XVI.

²⁹ *La nueva...*, p. 246.

³⁰ *Ibíd.*

³¹ *Ibíd.*, p. 247.

De ahí la metamorfosis que ha de originar en nuestra concepción de la ciencia y del conjunto de la realidad incluido el ser humano. De tales contenidos distamos aún un largo camino, que para Prigogine apenas si se ha comenzado a recorrer.³²

Así pues, del tiempo externo, matemático, absoluto, etc. del escolio general de los *Principia* newtonianos hemos pasado a un tiempo interno ligado a la naturaleza misma de los procesos físicos, y en el cual se define una direccionalidad *natural* de dichos procesos. De la concepción reduccionista del tiempo a un simple factor matemático sin significado físico *espectífico* se ha pasado a destacar la fundamentalidad cualitativa del mismo. Al respecto, la cita siguiente resume los posibles efectos de esta concepción:

«La física de hoy no niega el tiempo. Reconoce el tiempo irreversible de las evoluciones hacia el equilibrio, el tiempo rítmico de las estructuras cuyo pulso se nutre del mundo que las atraviesa, el tiempo bifurcante de las evoluciones por inestabilidad y amplificación de fluctuaciones, y hasta ese tiempo microscópico (o sea, el operador T; aclaración nuestra) que hemos introducido en el último capítulo, y que manifiesta la indeterminación de las evoluciones físicas microscópicas.»³³

Obsérvese entonces que el tiempo es asimismo una realidad compleja, pues no hay sólo un tiempo uniforme y fluyente hacia delante o hacia atrás según se disponga del conveniente artificio matemático, sino que existen diversos tiempos diferentes los unos de los otros. Todos ellos además enraizados en los fenómenos de la Naturaleza, no impuestos «desde fuera» sino expresión del acaecer objetivo de los fenómenos. Como afirma el propio autor: «cada ser complejo está constituido de una pluralidad de tiempos, conectados los unos con los otros según articulaciones sutiles y múltiples»³⁴. Por todo ello, no en vano habría que afirmar que la significación filosófica más profunda de las concepciones de Prigogine se refieren al nuevo estatuto del tiempo en la Naturaleza y a la indudable fundamentalidad de sus consecuencias. Se trata ciertamente de un *nuevo orden* del tiempo, del cual todavía no se ha vislumbrado más que una parte muy reducida en cuanto a sus consecuencias para nuestra imagen de la Naturaleza. Respecto a ésta, podemos sin duda establecer ya que se trata de un mundo de procesos que, al parecer, se impone frente al mundo de trayectorias de la mecánica clásica y la reversibilidad aún operante en la mecánica cuántica. Ahora bien, no se trata en ningún modo de una nega-

³² Cf. por ejemplo *From Being...*, p. 210. En realidad se trata de una idea que recorre toda la reflexión filosófica e histórica sobre la ciencia que lleva a cabo Prigogine.

³³ *La nueva...*, p. 263.

³⁴ *Ibíd.*

ción de éstas o una sustitución, se trata por el contrario de un encuadramiento de las mismas dentro de un marco nuevo y más amplio, que aparece con el rasgo de una más profunda radicalidad por cuanto concierne a nuestro saber científico establecido. Prigogine deja claro en todo momento que se necesitan como leyes fundamentales tanto las leyes de la reversibilidad como las de la irreversibilidad —aunque su integración unitaria quede como un problema todavía abierto en su obra—, si bien no se deben olvidar nunca los límites intrínsecos de aquéllas (idealización, omnisciencia, etc.)³⁵

Finalmente, también se desprende de todo lo anterior la postulación de un universo sustancialmente indeterminista y abierto. Al igual que Popper³⁶, nuestro autor concibe este universo como capaz de producir novedades en el curso de su evolución temporal y sin resultar por tanto precontenido en el pasado. El mundo físico es así proceso y transformación incesantes, no estando predeterminados los resultados del mismo. La impredecibilidad del futuro deviene así un rasgo sustantivo de la imagen del universo derivada de sus concepciones científicas³⁷.

En suma, la obra de Prigogine supone el desarrollo de una *física del devenir* frente a la física del ser representada por la mecánica clásica y, en buena medida también, por la mecánica cuántica. Lo importante es asimismo que esta física nace justamente donde termina la otra, por lo que las relaciones entre ambas es preciso concebirlas sin pretensiones de exclusividad. Se trata, reiteramos, de un punto de vista que asume la complejidad físico-natural descubierta con el desarrollo científico del siglo XX, y desde el cual se hace necesaria una nueva visión de la Naturaleza. Lo que supone indudablemente un desafío radical a nuestra razón científica y filosófica originada según las pautas de la Modernidad. Pues, no en vano señalará por último nuestro autor que

«La visión clásica del mundo descansaba en la idea de que racionalidad y realidad eran una misma cosa. Sólo lo racional es real y sólo existe una realidad racional. Hoy vemos un mundo pluralista, un mundo de inestabilidades y lleno de posibles realizaciones. Debemos empezar a pensar en una forma no lineal, debemos comprender que el mundo es

³⁵ Véase por ejemplo *From Being...*, p. 212; y *La nueva...*, p. 260.

³⁶ Cf. especialmente Karl R. Popper: *The Open Universe. An Argument for Indeterminism.*, London, Hutchinson, 1982, (trad. esp.: *El universo abierto. Un argumento en favor del indeterminismo*, Madrid, Tecnos, 1984), y también *A World of Propensities*, Bristol, Thoemmes, 1990. A este respecto véase mi artículo: «Teoría metafísica de las propensiones y universo abierto en la filosofía de Popper», *Pensamiento*, vol. 50 (1994), n° 197, pp. 235-252.

³⁷ «Various possible scenarios can be predicted», *From Being...*, p. XVII.

mucho más rico que cualquiera de las posibilidades en las que nos ha tocado vivir.»³⁸

En efecto, la flecha del tiempo también se aplica al pensamiento y su historia.

* * *

Ramón Queraltó Moreno
Departamento de Metafísica y
Corrientes actuales de la Filosofía
Universidad de Sevilla
Avda. de San Francisco Javier, s.n.
41005 Sevilla

³⁸ *Enfrentándose con lo irracional*, o.c., p. 196.