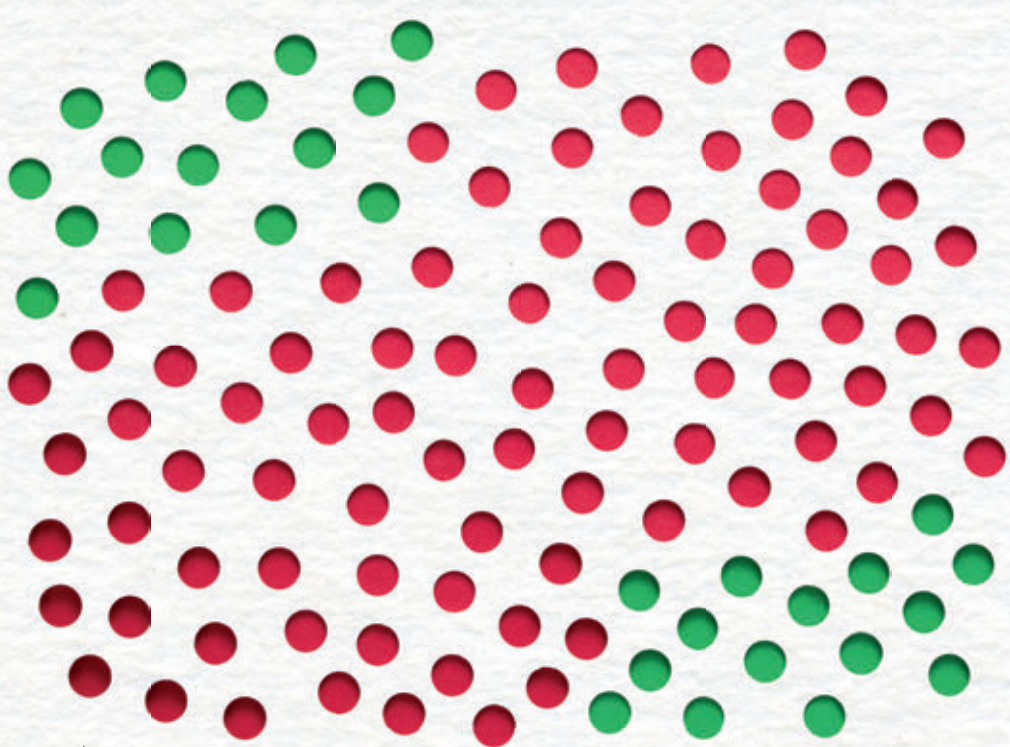




ILYA PRIGOGINE

LAS LEYES DEL CAOS



CRÍTICA

Las leyes del caos

Ilya Prigogine

Traducción castellana de
Juan Vivanco

Revisión de
Javier García Sanz

CRÍTICA
BARCELONA

Primera edición: febrero de 1997
Primera edición en esta nueva presentación: abril de 2019

Las leyes del caos
Ilya Prigogine

No se permite la reproducción total o parcial de este libro, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio, sea éste electrónico, mecánico, por fotocopia, por grabación u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito del editor. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (Art. 270 y siguientes del Código Penal)

Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesita reproducir algún fragmento de esta obra.
Puede contactar con CEDRO a través de la web www.conlicencia.com o por teléfono en el 91 702 19 70 / 93 272 04 47

Título original: *Le leggi del caos*

© Gius, Laterza & Figli Spa, Roma-Bari, 1993

© de la traducción, Juan Antonio Vivanco, 1997

© Editorial Planeta S. A., 2019
Av. Diagonal, 662-664, 08034 Barcelona (España)
Crítica es un sello editorial de Editorial Planeta, S. A.

editorial@ed-critica.es
www.ed-critica.es

ISBN: 978-84-9199-093-2
Depósito legal: B. 5034 - 2019
2019. Impreso y encuadernado en España

El papel utilizado para la impresión de este libro es 100% libre de cloro y está calificado como papel ecológico.

— 1 —

Un título como *Las leyes del caos* puede parecer paradójico. ¿Hay leyes del caos? ¿Acaso no es el caos, por definición, «imprevisible»? Veremos que no es así, sino que la noción de caos nos obliga a reconsiderar la noción de «leyes de la naturaleza». En la perspectiva clásica, una ley de la naturaleza estaba asociada a una descripción determinista y reversible en el tiempo. Futuro y pasado desempeñaban en ella el mismo papel. La introducción del caos nos obliga a generalizar la noción de ley de la naturaleza y a introducir en ella los conceptos de probabilidad e irreversibilidad. Es un cambio radical, ya que desde esta perspectiva el caos nos obliga a considerar de nuevo nuestra descripción fundamental de la naturaleza. En estas páginas no se puede hacer una exposición sistemática de la teoría del caos, que por otra parte se puede encontrar en obras especializadas, pero lo que me gustaría resaltar aquí es el papel fundamental del caos en todos los niveles de descripción de la naturaleza, ya se trate del nivel microscópico, macroscópico o cosmológico.

Hoy día se habla de caos a propósito de fenómenos muy distintos. Por ejemplo, se asocia el caos a la turbulencia

en los fluidos. Pero no son estos los aspectos que nos interesan aquí. Ante todo, vamos a abordar el caos tal como resulta de las ecuaciones dinámicas clásicas o cuánticas, que en el estado de nuestros conocimientos corresponden a la descripción microscópica fundamental. Ciertamente, de este caos microscópico puede resultar el caos macroscópico, pero ya hablaremos de ello. Ahora centraremos nuestra atención en la descripción «fundamental» del comportamiento de la materia.

El caos siempre es consecuencia de inestabilidades. El péndulo sin fricción es un sistema estable, pero curiosamente la mayoría de los sistemas de interés físico, tanto en el ámbito de la mecánica clásica como de la mecánica cuántica, son sistemas inestables. En estos sistemas una pequeña perturbación se amplifica, unas trayectorias inicialmente cercanas se separan. La inestabilidad introduce aspectos nuevos esenciales.

Lo que nos interesa, sobre todo, es conocer la incidencia de la inestabilidad en conceptos fundamentales como el determinismo, la irreversibilidad y los propios fundamentos de la mecánica cuántica. Como veremos, aparece un nuevo enfoque para abordar todos estos problemas. Por eso, cuando se tiene en cuenta el caos, se puede hablar de una nueva formulación de las leyes de la naturaleza. La apuesta es fuerte.

El papel que tiene actualmente la ciencia en nuestra civilización es fundamental, y sin embargo, utilizando una expresión bien conocida introducida por Snow, vivimos aún en una sociedad de dos culturas. La comunicación entre

los miembros de estas dos culturas es difícil. ¿Cuál es la razón de esta dicotomía? Se ha sugerido que es un problema de conocimientos. Las ciencias fundamentales se expresan en términos matemáticos. Los «científicos» leen a Shakespeare, los «humanistas» no son sensibles a la belleza de las matemáticas. Yo creo que esta dicotomía tiene una razón más profunda, se debe a la manera en que es incorporada la noción de tiempo en cada una de las dos culturas.

En las ciencias naturales el ideal tradicional era alcanzar la certidumbre asociada a una descripción determinista. Hasta la mecánica cuántica persigue este ideal. En cambio, las ciencias humanas, ya se trate de la economía o la sociología, están dominadas por la noción de incertidumbre.

Lo que distingue a ambas culturas es la manera de describir el paso del tiempo. También se podrían tratar de distinguir por la complejidad de su objeto. La física se ocuparía de los fenómenos llamados simples, y las ciencias humanas de los complejos. Pero hoy el abismo entre los fenómenos llamados simples y los complejos se está reduciendo. Sabemos que las partículas llamadas elementales y los problemas de la cosmología corresponden a fenómenos sumamente complejos, que han dejado muy atrás las ideas que se tenían al respecto hace tan sólo unas décadas. En cambio, se han postulado modelos simples para describir (de forma esquemática, pero muy interesante) unos problemas que tradicionalmente se habían considerado complejos, como el funcionamiento del cerebro o el com-

portamiento de las sociedades de insectos. Así pues, la distinción basada en la idea de complejidad parece menos clara hoy que ayer.

Estoy totalmente de acuerdo con sir Karl Popper cuando dice que el problema central de la dicotomía entre las dos culturas es el tiempo. El tiempo es nuestra dimensión existencial fundamental. Es la base de la creatividad de los artistas, los filósofos y los científicos. La introducción del tiempo en el esquema conceptual de la ciencia clásica fue un inmenso progreso. Sin embargo, empobreció la noción de tiempo, porque no se hizo ninguna distinción entre pasado y futuro. En cambio, en todos los fenómenos que percibimos a nuestro alrededor, ya sea en física macroscópica, en química, en biología o en las ciencias humanas, el futuro y el pasado tienen distintos papeles. Encontramos por doquier una «flecha del tiempo». Se plantea, pues, la pregunta de cómo puede surgir del no tiempo la flecha del tiempo. ¿Es una ilusión el tiempo que percibimos? La cuestión nos lleva a la «paradoja» del tiempo, que es el eje de esta obra.

En la historia de la paradoja del tiempo se pueden distinguir tres etapas: la toma de conciencia de esta paradoja, a finales del siglo XIX, la reaparición de la misma en las últimas décadas, y su solución, que es muy reciente. La solución de la paradoja del tiempo es el tema central de estas páginas. En ella desempeñan un papel esencial las nociones de inestabilidad y caos.

No ignoro la dificultad de exponer estas cuestiones en un contexto tan limitado, porque la solución de la parado-

ja del tiempo está relacionada con problemas matemáticos nuevos y apasionantes, pero difíciles de describir con un vocabulario adecuado. Se requiere un esfuerzo simultáneo del autor y el lector.

Pero volvamos, para empezar, a la posición tradicional.

¿Podemos oponer «ser» y «devenir», lo mismo que oponemos «verdad» e «ilusión»? Como es sabido, esta era la posición de Platón, y también la de la física clásica. La aspiración de la física clásica era descubrir lo inmutable, lo permanente, más allá de las apariencias de cambio. La noción de suceso estaba excluida de esta descripción. Sin embargo, el afán de llegar a una física sin sucesos siempre ha tropezado con grandes dificultades. Ya Lucrecio se vio obligado a introducir la noción de «clinamen», que perturba la caída de los átomos en el vacío, para permitir la aparición de novedades. Asimismo, dos mil años después, en un artículo del famoso Einstein que describe la emisión espontánea de luz, leemos que el tiempo de emisión de los fotones está determinado por el azar. He aquí un paralelismo inesperado, si tenemos en cuenta que Lucrecio y Einstein están separados por la mayor revolución en la historia de nuestras relaciones con la naturaleza, el nacimiento de la ciencia moderna.

La ciencia moderna se basa en la noción de leyes de la naturaleza. Estamos tan acostumbrados a ella, que ha llegado a ser como una perogrullada, y sin embargo posee implicaciones muy profundas. Una de estas características esenciales es, precisamente, la eliminación del tiempo. Siempre he pensado que en esta eliminación tuvo una in-

fluencia importante el elemento teológico. Para Dios todo está dado. La novedad, la elección o la acción espontánea dependen de nuestro punto de vista humano. En los ojos de Dios el presente contiene el futuro y el pasado. En este sentido, el sabio, con su conocimiento de la naturaleza, se acerca al conocimiento divino. Hay que reconocer que este programa tuvo un éxito extraordinario. Muchas veces nos parecía que habíamos llegado a realizarlo completamente.

La física clásica se basaba en el estudio de la gravitación y el electromagnetismo. La física moderna ha añadido otras clases de interacción. Uno de los problemas que incluye la física actual en su programa es la unificación de las interacciones. A menudo se ha manifestado el deseo de descubrir una ley única de la que podrían derivar todas las demás. Esta esperanza estaba en la base del trabajo de Einstein sobre la teoría del campo unificado, y sigue siendo el tema central del libro de Stephen W. Hawking *Historia del tiempo*. Pero la unificación de las interacciones está muy lejos de ser el único problema que se plantea hoy. Ya desde el siglo XIX la aparición de ciencias basadas en paradigmas distintos había abierto otras perspectivas. La biología darwiniana y la termodinámica son ciencias de la evolución. La termodinámica es la ciencia de la edad industrial. Pero la rápida transformación de nuestra relación con la naturaleza provocó un fuerte desasosiego. El peligro que amenazaba a la humanidad era el agotamiento de las fuerzas de la naturaleza. Parecía que el universo estaba condenado a evolucionar hasta su muerte térmica.

La biología posterior a Darwin es la expresión de un paradigma evolucionista, pero el darwinismo hacía hincapié en la aparición de novedades, nuevas especies, nuevos modos de adaptación, nuevos nichos ecológicos, mientras que la visión termodinámica sólo hablaba de nivelación y muerte térmica. El universo habría empezado en un nivel de entropía muy bajo, correspondiente a un «orden» inicial, para llegar a la muerte térmica al cabo de un tiempo suficientemente largo.

Sea como fuere, la aparición de los paradigmas evolutivos hizo que la paradoja del tiempo volviera a entrar en el ámbito de la ciencia, ya que, por un lado, en la ciencia newtoniana no había flecha del tiempo, y por otro, el concepto de irreversibilidad es esencial tanto en termodinámica como en biología.