

¿Qué es lo que no sabemos?

Ilya Prigogine

Traducción: Rosa María Cascón

¿Qué es lo que no sé? Esta pregunta me hace pensar en otra pregunta, que se puede considerar complementaria: “¿qué es lo que sé?”. Mi respuesta a esta pregunta está clara: muy poco. No digo esto por modestia excesiva, sino por una convicción profunda: nos encontramos al final de esa era de la historia de la ciencia que se abrió con Galileo y Copérnico. Un período glorioso en verdad, pero que nos ha dejado una visión del mundo demasiado simplista. La ciencia clásica enfatizaba los factores de equilibrio, orden, estabilidad. Hoy vemos fluctuación e inestabilidad por todas partes. Estamos empezando a ser conscientes de la complejidad inherente del universo. Esta toma de conciencia, estoy seguro, es el primer paso hacia una nueva racionalidad. Pero sólo el primer paso.

Para los padres fundadores de la ciencia occidental, como Leibniz y Descartes, el objetivo a conseguir era la certeza. Y todavía es la ambición de los grandes físicos contemporáneos, Einstein o Hawking, alcanzar la certeza mediante una teoría unificada, una descripción geométrica del Universo. Una vez conseguido este objetivo, seremos capaces de deducir a partir de nuestro modelo todos los distintos aspectos de la naturaleza.

Sin embargo, cuanto más exploramos el universo, más nos topamos con el elemento narrativo, presente a todos los niveles. Es inevitable pensar en Sheherezade, que sólo interrumpía una historia para empezar otra más hermosa si cabe. También la naturaleza nos presenta una serie de narraciones inscritas unas dentro de las otras: la historia cosmológica, la historia a nivel molecular y la historia de la vida y del género humano hasta llegar a nuestra propia historia personal. En cada nivel asistimos al surgimiento de lo nuevo, de lo inesperado.

Por otro lado, desde Newton a Schrödinger y Einstein, la ciencia se ha basado en leyes deterministas en las que el pasado y el futuro juegan papeles simétricos. Entonces, ¿cómo podemos encajar el elemento narrativo que acabo de describir dentro de un contexto gobernado por tales leyes? Muchos investigadores han tratado de evitar este problema invocando a las aproximaciones que se introducen en las leyes de la naturaleza siempre que se aplican a sistemas complejos. Pero esta solución siempre me ha parecido extraña. Porque, si las cosas fueran así, seríamos el “padre” del tiempo, en vez de su “hijo”.

Es cierto que la herencia científica del siglo veinte tiene dos aspectos diferentes. Por un lado, las leyes de la naturaleza, y por otro, la descripción termodinámica de fenómenos asociados con el aumento de la entropía. Ciertamente, esta es una concepción del mundo en evolución. Pero entonces, ¿cómo encaja en la descripción fundamentalmente atemporal que dan “las leyes de la naturaleza”? Además, existe otro problema, ya que el aumento de entropía está normalmente asociado a un desorden creciente. ¿Cómo podría, entonces, un proceso de esas características producir estructuras complejas como la vida, en particular la vida humana?

Estas son las preguntas cuyas respuestas no hemos hecho más que empezar a imaginar. Aquí entran en juego dos campos científicos de desarrollo reciente: la física del desequilibrio, y la teoría del “caos”, asociados a sistemas dinámicos inestables.

Consideremos en primer lugar la física del desequilibrio. Aquí lo sorprendente es lo que sucede si se obliga a un sistema a alejarse mucho de su equilibrio (y las condiciones de nuestro propio sistema planetario e incluso de nuestra situación cosmológica son tales que prácticamente todos

los sistemas que nos rodean están muy lejos de encontrarse en equilibrio; un buen ejemplo es la ecosfera): aparecen nuevas estructuras en los puntos de “bifurcación”. Así hablamos de una auto-organización que conduce a la formación de estructuras “disipativas”.

Tomemos como ejemplo la química. En este campo podemos ver la auto-organización en acción en el surgimiento de estructuras espacio-temporales relacionadas con rupturas de simetría. Un ejemplo que ha sido bien estudiado es el de las reacciones oscilantes. Las condiciones para que surjan estas estructuras inestables vienen dadas por el carácter no lineal de las ecuaciones que gobiernan los procesos químicos. Como es bien sabido, las ecuaciones no lineales tienen más de una solución. La solución que corresponde a estas “estructuras disipativas” se da en un estado que dista mucho de la posición de equilibrio. Además, estos procesos son necesariamente auto-catalizadores. Es la vieja historia del huevo y la gallina. La gallina pone huevos, que, a su vez, se convierten en gallinas. La auto-catalización es típica de aquellos fenómenos biológicos en los que los ácidos nucleicos codifican el proceso de síntesis de proteínas, que, a su vez, cataliza la replicación de ácidos nucleicos. La aparición de tales estructuras demuestra el papel constructivo que juega la irreversibilidad temporal. Lejos de una posición de equilibrio, la materia adquiere nuevas propiedades que permanecen ocultas a nuestros ojos mientras nuestra atención se cifra a los estados estables.

En un reciente informe, C.K. Biebricher, G. Nicolis y P. Schuster escriben: “El mantenimiento de la organización de la naturaleza no se consigue –ni se puede conseguir– con una dirección central; el orden sólo se puede mantener mediante la auto-organización. Los sistemas auto-organizativos permiten adaptarse a (...) las condiciones externas. Hay que destacar la superioridad de los sistemas auto-organizativos sobre la tecnología humana convencional (...). Un ejemplo que ilustra esta superioridad son los sistemas biológicos en los que se pueden formar productos complejos con el máximo de precisión, eficacia y rapidez.

Pero todavía queda mucho por hacer, tanto en matemáticas no lineales como en investigación experimental, antes de que podamos describir la evolución de sistemas complejos fuera de ciertas situaciones sencillas. Los retos aquí son considerables. En particular, es necesario superar el actual desfase en nuestra comprensión entre las estructuras físico-químicas complejas y los organismos vivos por simples que estos sean.

Por mucho que se avance en esta dirección, una conclusión ya está clara: la dirección del tiempo, el elemento “narrativo” ha de jugar un papel esencial en la descripción de la naturaleza. Sentada esa premisa, el tiempo narrativo debe entonces incluirse en nuestra formulación de las leyes de la naturaleza. Estas leyes, tal y como Newton las formuló, pretendían expresar certezas. Ahora debemos hacer que expresen “posibilidades” que pueden o no llegar a realizarse en el futuro. En este punto es donde tenemos que acudir a la teoría del caos, asociada con las estructuras dinámicas inestables.

Un ejemplo típico es el caso del “caos determinista”. En tales sistemas, dos trayectorias tan cercanas entre sí como uno pueda imaginar, con el tiempo divergen exponencialmente: esto se llama “sensibilidad a las condiciones iniciales”. Como nunca poseemos sino un conocimiento limitado de las condiciones iniciales, la previsibilidad que definía la mecánica clásica es insostenible.

Existen formas de inestabilidad más pronunciada incluso, relacionadas con la aparición de las “resonancias” (fenómeno descubierto por Henri Poincaré). Todo el mundo tiene una idea intuitiva de lo que es resonancia. Cuando tocamos una nota en un piano, oímos los armónicos, como el octavo o el quinto. En las mecánicas clásica y cuántica, las resonancias hacen posible el acoplamiento entre fenómenos dinámicos. Este es un tema muy técnico, pero podemos resumir sus resultados principales. Tradicionalmente hay dos formulaciones de las leyes de la naturaleza: una en términos de trayectorias (mecánica clásica) o funciones de onda (mecánica cuántica), y la otra en términos de teoría de conjuntos. Esta segunda formulación es de naturaleza estadística. Para sistemas estables, estas dos formulaciones son equivalentes. Para sistemas inestables, que

son la mayoría de los que observamos, éste ya no es el caso. La inestabilidad sólo puede incorporarse a nivel estadístico. Así pues, es este modelo el que puede permitirnos expresar las leyes de la naturaleza de manera que incluyan a la flecha del tiempo, y que describan posibilidades más que certezas.

A primera vista, esta conclusión puede parecer revolucionaria, pero en realidad responde a una necesidad histórica. Cuando grandes científicos como Gibbs y Einstein introdujeron por primera vez la teoría de conjuntos en la física, fue para poder formular leyes termodinámicas a nivel dinámico microscópico, tanto para casos de equilibrio como de desequilibrio. Para ellos, este recurso a la teoría establecida era simplemente el signo de una falta de información sobre las condiciones iniciales. Pero ¿no había una razón más profunda para actuar de este modo? Si así fuera, entonces los fenómenos descritos por la termodinámica tales como la transición de fases, se deberían, en última instancia, sólo a nuestra falta de información, a nuestras aproximaciones. Una vez más, esta es una visión antropomórfica difícil de aceptar. Porque, si es así, ¿por qué conjuntos y no trayectorias o funciones de onda? Esta es la pregunta que empieza a responder la dinámica de sistemas inestables.

Es imposible, en un artículo tan breve, describir la reformulación que necesitan las leyes de la naturaleza cuando se amplían para cubrir sistemas dinámicos inestables. Sólo señalaré, por ejemplo, su aplicación en casos como el de un líquido o gas en el que se producen interacciones continuamente. Si pudiéramos observar a los átomos o a las moléculas implicados, veríamos un movimiento perpetuo que no responde a un orden concreto. Es este movimiento “caótico” lo que confiere a dichos sistemas tanto su naturaleza escasamente predecible como su capacidad de auto-organización.

Para la concepción clásica del mundo, la ciencia iba de la mano de la certeza. La gloria suprema de la mente humana parecía depender de la posibilidad de alcanzar la certeza. Sin embargo, yo creo que, por el contrario, la idea de certeza lleva a contradicciones, a una división irreconciliable en nuestra visión del mundo. Comparto la opinión de Karl Popper, que escribió en su libro “El Universo Abierto –un Argumento para el Indeterminismo”: “Considero tal determinismo Laplaciano –por mucho que parezca confirmado por las teorías a primera vista deterministas de la física, y por su maravilloso éxito- como el obstáculo más sólido y grave para la explicación y la defensa de la libertad, la creatividad y la responsabilidad humanas”.

Desde los primeros tiempos, el pensamiento de los griegos contenía dos aspectos principales: la comprensión de la naturaleza, y la construcción de una democracia basada precisamente en las ideas de libertad y responsabilidad. Durante mucho tiempo se sostuvo que estos dos proyectos sólo podían coexistir en una concepción dualista de la naturaleza, ya fuera el dualismo Cartesiano, los mundos nouménico y fenoménico de Kant, o, más recientemente, la introducción del “principio antrópico” en la cosmología.

Los elementos de progreso que he resumido aquí nos permiten ir más allá de esta dualidad y de las contradicciones que contiene.

Collingwood tenía razón cuando escribió en su trabajo “El Concepto de Naturaleza”: “(El nuevo) concepto de naturaleza, que comienza a encontrar su expresión hacia el final del siglo dieciocho y que, desde entonces hasta nuestros días no ha parado de tomar fuerza para establecerse con más seguridad, se basa en la analogía entre los procesos del mundo natural tal y como los estudian los científicos, y las vicisitudes de los asuntos humanos tal y como las estudian los historiadores”.

Desde este punto de vista, actualmente estamos entrando en una nueva fase de nuestra descripción del concepto de naturaleza, una fase que transformará los mismos cimientos de nuestro proyecto científico. A mi amigo Leon Rosenfeld, el más estrecho colaborador de Nils Bohr, siempre le gustaba decir que uno entendía una teoría física si asía sus límites. Se ha tardado casi tres siglos en alcanzar los límites de los conceptos clásicos mediante el descubrimiento de la inestabilidad. Como subrayé al comienzo de este artículo, no hemos hecho más que empezar a

explorar el complejo mundo que hemos descubierto. Pero podemos tener ya la certeza de que el carácter temporal y evolutivo de este mundo ocupará de ahora en adelante un lugar central en su descripción física, como así ha sucedido en las ciencias biológicas desde los tiempos de Darwin. Estamos redescubriendo el tiempo, pero es un tiempo que, en lugar de enfrentar al hombre con la naturaleza, puede explicar el lugar que el hombre ocupa en un universo inventivo y creativo.

Conferencia pronunciada en el Forum Filosófico de la UNESCO en 1995

<http://www.unesco.org/phiweb/uk/1rpu/nobel/presnobel.html>

Traducción: Rosa María Cascón