

TEORÍA DEL CAOS: Hacia el conocimiento de la realidad

REPORTAJES

Se aproxima una crisis de percepción. La complejidad del mundo ha llevado al ser humano a simplificar la realidad, a abstraer la naturaleza para hacerla cognoscible y, tristemente, a caer en la trampa de la dualidad. Bien y mal; objetivo y subjetivo; arriba y abajo. Pero la tendencia a ordenarlo todo choca con la misma realidad, irregular y discontinua. Muchos científicos ya han renunciado a la ilusión del orden para dedicarse al estudio del caos, que acepta al mundo tal y como es: una imprevisible totalidad.

A mediados de este siglo, la evolución de la ciencia se vio alterada por una reflexión comparable a esta: "conocemos el movimiento de los planetas, la composición de las moléculas, los métodos para explotar la energía nuclear..., pero ignoramos por qué las cebras tienen manchas o el motivo de que un día llueva y al siguiente haga sol". La búsqueda de una explicación a los fenómenos naturales que observamos, complejos e irresolubles mediante fórmulas, configuró lo que se conoce como Teoría del Caos, una disciplina que, si bien no niega el mérito de la ciencia clásica, propone un nuevo modo de estudiar la realidad.

Un ligero vistazo a nuestro alrededor advierte de la tendencia general al desorden: un cristal se rompe, el agua de un vaso se derrama... nunca ocurre al revés. Pero, contrariamente a lo que se piensa, este desorden no implica confusión. Los sistemas caóticos se caracterizan por su adaptación al cambio y, en consecuencia, por su estabilidad. Si tiramos una piedra a un río, su cauce no se ve afectado; no sucedería lo mismo si el río fuera un sistema ordenado en el que cada partícula tuviera una trayectoria fija; el orden se derrumbaría.

Las leyes del caos ofrecen una explicación para la mayoría de los fenómenos naturales, desde el origen del Universo a la propagación de un incendio o a la evolución de una sociedad. Entonces, ¿por qué lleva la humanidad tantos siglos sumida en el engaño del orden? El problema parte del concepto clásico de ciencia, que exige la capacidad para predecir de forma certera y precisa la evolución de un objeto dado. Descartes aseguraba que si se fabricara una máquina tan potente que conociera la posición de todas las partículas y que utilizara las leyes de Newton para saber su evolución futura se podría predecir cualquier cosa del Universo. Esta afirmación, tan reduccionista como audaz, ilustra la euforia científica tras el descubrimiento de Neptuno gracias a las leyes de gravitación de Newton. Un hito científico que impuso el orden, el determinismo y la predicción en la labor investigadora y limitó los objetivos a los fenómenos que

coincidieran con el patrón previo. Lo demás (turbulencias, irregularidades, etcétera) quedó relegado a la categoría de ruido, cuando ese ruido abarcaba la mayoría de lo observable. Los físicos se dedicaron - y se dedican - a descomponer sistemas complejos corrigiendo lo que no cuadraba con la esperanza de que las pequeñas oscilaciones no afectaran al resultado. Nada más lejos de la realidad.

I) EL FANTASMA DE LA NO LINEALIDAD

A finales del siglo pasado, el matemático y físico Henri Poincaré cuestionó la perfección newtoniana en relación con las órbitas planetarias, lo que se conoce como el problema de los tres cuerpos. Planteaba una atracción gravitatoria múltiple, que hasta entonces se resolvía con las leyes de Newton y la suma de un pequeño valor que compensara la atracción del tercer elemento. Poincaré descubrió que, en situaciones críticas, ese tirón gravitatorio mínimo podía realimentarse hasta producir un efecto de resonancia que modificara la órbita o incluso lanzara el planeta fuera del sistema solar. Este devastador fenómeno se asemeja al acople del sonido cuando un micrófono y su altavoz se encuentran próximos: el sonido que emite el amplificador vuelve al micrófono y se oye un pitido desagradable. Los procesos de realimentación se corresponden en física con las ecuaciones iterativas, donde el resultado del proceso es utilizado nuevamente como punto de partida para el mismo proceso. De esta forma se constituyen los sistemas no lineales, que abarcan el 90% de los objetos existentes. El ideal clásico sólo contemplaba sistemas lineales, en los que efecto y causa se identifican plenamente; se sumaban las partes y se obtenía la totalidad. Poincaré introdujo el fantasma de la no linealidad, donde origen y resultado divergen y las fórmulas no sirven para resolver el sistema. Se había dado el primer paso hacia la Teoría del Caos.

II) SEGUNDO PASO: EL EFECTO MARIPOSA

"Espero que Dios no sea tan cruel para hacer que el mundo esté dirigido por fórmulas no lineales", comentaban algunos científicos en la década de los 50. Resultó que, en efecto, la naturaleza se regía por ellos. En consecuencia, como indica Ignacio García de la Rosa, astrofísico del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), "el término 'no lineal' es un poco injusto; sería como llamar a los animales elefantes y no elefantes, pero como en aquellos tiempos no se podían estudiar estos sistemas, se redujo la terminología". En este caso, la panacea se manifestó en forma de ordenador que, aunque no podía resolver la naturaleza no lineal mediante fórmulas, permitía realizar simulaciones.

En 1960, el meteorólogo Edward Lorenz dio, sin proponérselo, el segundo paso hacia la Teoría del Caos. Entusiasta del tiempo, se dedicaba a estudiar las leyes atmosféricas y realizar simulaciones a partir de sus parámetros más elementales. Un día, para estudiar con más detenimiento una sucesión de datos, copió los números de la impresión anterior y los introdujo en la máquina. El resultado le conmovió. Su tiempo, a escasa distancia del punto de partida, divergía algo del

MATERIAL NO REPRODUCIBLE. NO SE PUEDE TRANSMITIR FUERA DE SU FUENTE ORIGINAL L1.2

obtenido con anterioridad, pero al cabo de pocos meses -ficticios- las pautas perdían la semejanza por completo. Lorenz examinó sus números y descubrió que el problema se hallaba en los decimales; el ordenador guardaba seis, pero para ahorrar espacio él sólo introdujo tres, convencido de que el resultado apenas se resentiría. Esta inocente actuación fijó el final de los pronósticos a largo plazo y puso de manifiesto la extremada sensibilidad de los sistemas no lineales: el llamado "efecto mariposa" o "dependencia sensible de las condiciones iniciales". Se trata de la influencia que la más mínima perturbación en el estado inicial del sistema puede tener sobre el resultado final o, como recoge el escritor James Gleick, "si agita hoy, con su aleteo, el aire de Pekín, una mariposa puede modificar los sistemas climáticos de Nueva York el mes que viene". Cualquier variación, ya sea en una milésima o una millonésima, constituye una pequeña muesca que modificará el sistema hasta el punto de hacerlo imprevisible. La iteración ofrece resultados estables hasta cierto punto, pero cuando éste se supera el sistema se derrumba en el caos. Los científicos J. Briggs y F. D. Peat aplican esta idea al ciclo vital humano: "Nuestro envejecimiento se puede abordar como un proceso donde la iteración constante de nuestras células al fin introduce un plegamiento y una divergencia que altera nuestras condiciones iniciales y lentamente nos desintegra".

(III) TERCER PASO: DIGIRIENDO LA COMPLEJIDAD

El carácter no lineal e iterativo de los sistemas de la naturaleza permite que instrucciones muy sencillas originen estructuras extremadamente complejas. La física de la complejidad busca reglas simples que expliquen estos organismos complejos. El astrofísico Ignacio García de la Rosa parte de la pirámide de la evolución (que incluye quarks, núcleos atómicos, átomos, moléculas simples, biomoléculas células, organismos y sociedades) para tratar la complejidad: "La mayor parte de la materia -señala- se encuentra en los estadios inferiores y no forma elementos más desarrollados, de modo que la pirámide va cerrándose; nosotros somos una minoría en comparación con todo el material que hay en el Universo. La pirámide va de la abundancia de lo sencillo a la complejidad de lo escaso".

Este concepto guarda relación con el de lenguaje, que parte de las letras y pasa por las palabras, frases, párrafos, capítulos, libros, etc... con la peculiaridad de que las letras no tienen nada que ver con las palabras y así sucesivamente. Del mismo modo que la "z" no está emparentada con el concepto de "azul", las moléculas que dan origen a una cebra no determinan su constitución. Las estructuras complejas tienen propiedades ajenas a los ingredientes anteriores, lo que plantea un problema para la ciencia, que pierde su capacidad de predicción.

En la física clásica se presupone que los objetos son independientes de la escala que se emplee para medirlos y que existe la posibilidad de relacionarlos con su medida exacta. No así en la geometría fractal y la lógica borrosa, instrumentos empleados por los científicos del caos. Bart Kosko, autor de la llamada lógica

borrosa, afirma de modo tajante que "cuanto más de cerca se mira un problema en el mundo real, tanto más borrosa se vuelve su solución".

Pero si la precisión difumina aún más el objeto de estudio, ¿qué estrategia debe emplearse para estudiar los sistemas complejos? Aquí interviene la teoría de la totalidad, que concibe el mundo como un todo orgánico, fluido e interconectado. Si algo falla no debe buscarse la "parte dañada", como en el caso de un televisor o una lavadora, sino que hay que revisar el sistema al completo, se trata de una unidad indisoluble. El gran error histórico de la ciencia consiste en observar la naturaleza de modo fragmentado y explicarlo todo mediante la suma de partes, ignorando dos cuestiones primordiales: la imposibilidad de "meter la totalidad en el bolsillo", porque el bolsillo también forma parte de ella, y la dependencia que existe entre el observador, lo observado y el proceso de observación; el hombre integra la realidad, de modo que su mera presencia altera el objeto de estudio.

La obsesión por interpretar el caos desde el punto de vista del orden debe dejar paso a una interpretación global, que salva las fronteras de las diferentes disciplinas y acepta la paradoja que convierte lo simple y lo complejo, el orden y el caos, en elementos inseparables. De hecho, lo más complejo que ha concebido el hombre, el fractal de Mandelbrot, se creó a partir de una ecuación iterativa muy simple; el caos es una inagotable fuente de creatividad, de la que puede también surgir el orden (y viceversa). Las civilizaciones antiguas creían en la armonía entre el caos y el orden, y definían el caos como una "suerte de orden implícito". Quizá sea el momento de hacerles caso.

Fuente: www.iac.es