

La Teoría del Caos

A principios de siglo, los físicos especulaban con que su materia de estudio se estaba acabando, pronto no habría aspectos físicos relevantes que pudieran descubrirse. En efecto, sólo les faltaba por resolver tres problemas:

- La órbita irregular de Mercurio,
- Una discrepancia entre la teoría y la cantidad de energía liberada por un agujero negro, y
- El efecto de un tercer cuerpo en el movimiento de otros dos.

Resultó que la naturaleza es bastante más sutil de lo que imaginaron y el intento de completar la información respecto al primer caso condujo a la teoría de la relatividad; el segundo hizo aparecer la teoría cuántica; y del tercero surgió la teoría del caos. Cada una de estas teorías con misterios que resolver.

La teoría del Caos es una disciplina que ha aparecido hace unos años a partir del intento de establecer leyes físicas para la predicción del tiempo atmosférico y que está encontrando amplia aplicación en muchos campos de la ciencia, en los movimientos llamados caóticos, como los movimientos de las partículas en un fluido, la estabilidad del medio interno (homeostasis), etc.

Si bien es cierto que la Teoría del Caos no niega el mérito de la ciencia clásica, propone un nuevo modo de estudiar la realidad. Así, 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.

Caos

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.

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.

Así, si tiramos una piedra en un río, su cauce no se verá 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.

Efecto Mariposa

El movimiento de una simple ala de mariposa hoy produce un diminuto cambio en el estado de la atmósfera.

Después de un cierto período de tiempo, el comportamiento de la atmósfera diverge del que pudo haber tenido.

Así que, en un período de un mes, un tornado que habría devastado la costa de Indonesia no se forma o quizás, uno que no se iba a formar, se forma...

Hay mariposas en todos sitios, pero, ¿quién ha de decir que sus movimientos de alas se cancelan unos con los otros?

Werner Heisenberg

Estudioso que proporcionó grandes aportes teóricos al campo de la física, estando a punto de morir dijo:

"tengo dos preguntas para Dios: ¿por qué la relatividad? y ¿por qué la turbulencia?. Seguramente, Dios tendrá respuesta para la primera pregunta". Suponemos que, Heisenberg pensaba que la turbulencia la inventó Satanás debido a su endiablada naturaleza.

¿Qué es el efecto mariposa?

Hacia 1960, el meteorólogo Edward Lorenz se dedicaba a estudiar el comportamiento de la atmósfera mediante simulaciones de ordenador, él pretendía formular un modelo matemático (conjunto de ecuaciones) que a partir de pocas variables permitiera realizar predicciones climatológicas. Así, Lorenz consiguió un modelo de tres ecuaciones matemáticas que expresan los cambios a lo largo del tiempo de la velocidad y la temperatura del aire.

Sin embargo, el meteorólogo recibió una gran sorpresa cuando observó que pequeñas diferencias en los datos de partida (como la aproximación de decimales) llevan a grandes diferencias en las predicciones del modelo. En efecto, Lorenz descubre que cualquier pequeña perturbación, o error, en las condiciones iniciales del sistema puede tener una gran influencia sobre el resultado final, haciendo sumamente difícil las predicciones climatológicas a largo plazo.

Lorenz intentó explicar esta idea mediante un ejemplo hipotético recreando a un meteorólogo que -a partir de datos muy exactos y mediante cálculos muy precisos- consigue hacer una predicción muy exacta del comportamiento de la atmósfera; no obstante, esta predicción podría resultar totalmente errónea al no considerar en sus cálculos el aleteo de una mariposa en el otro lado del planeta, ya que ese simple aleteo podría introducir perturbaciones en el sistema llevando a predicciones sumamente diferentes. De aquí surgió el nombre de efecto mariposa que, desde entonces, ha dado lugar a muchas variantes y recreaciones.

Así, se denomina efecto mariposa a la ampliación de errores que pueden aparecer en el comportamiento de un sistema complejo. En definitiva, el efecto mariposa es una de las características del comportamiento de un sistema caótico, en el que las variables cambian de forma compleja y errática, haciendo imposible hacer predicciones más allá de un determinado punto, que recibe el nombre de horizonte de predicciones.

Los datos que proporcionan las estaciones meteorológicas tienen errores inevitables debido a que hay un número limitado de observatorios incapaces de cubrir todos los puntos de nuestro planeta.

Esta carencia ocasiona que las predicciones meteorológicas no se correspondan con respecto al comportamiento real del sistema.

La sociedad y la teoría del caos

Hasta en las sociedades aparentemente más democráticas continuamente se da la típica situación en que aprobamos algo porque nos sentimos presionados por los demás y/o por algún poder. Esto crea el sentimiento de impotencia para cambiar cualquier cosa en la sociedad.

No obstante, el efecto mariposa sugiere que una simple expresión de nuestra opinión podría generar nuevas opiniones, las cuales se pueden ir sumando y retroalimentando hasta que el sistema alcanza un punto crítico: un punto de bifurcación donde nace la creatividad al romperse el orden y el dogmatismo, donde hay un complejo dinamismo que hace imposible predecir qué surgirá a partir de ahí.

Por otro lado, en los sistemas llamados ciclo límite la mayor parte de la energía interna está destinada a hacer que el sistema resista al cambio, repitiendo mecánicamente modelos de conducta y aislándolo del mundo exterior por lo menos hasta cierto punto. En estos sistemas cada elemento cede a su individualidad para someterse al automatismo. En tales sistemas políticos es muy típico que un poder superior haga usos frecuente de frases vacías, fórmulas sin contenido que tienen como único objetivo mantener el sistema cohesionado.

Estos ciclos límite también se dan a nivel de psicología individual, por ejemplo en aquellos típicos personajes que se imaginan que esta vez lo harán todo bien, pero siempre vuelven a caer en los mismos errores.

Nuestra actitud hacia las cosas ejerce una influencia sutil la cual es impredecible, es como el efecto mariposa. El simple hecho de tener una actitud positiva influye tanto a los demás como a la dinámica de nuestra propia mente. La conciencia no está limitada a lo que ocurre de forma privada en nuestras mentes, sino que es un sistema abierto.

Abrirnos a la incertidumbre nos permite influir humildemente hasta en los sistemas más rígidos. Por ejemplo, en las artes marciales orientales uno no se opone con fuerza a la fuerza sino que mediante la acción de palanca hace que el ataque del adversario se vuelva contra sí mismo.

Mariposas del caos

Poincaré, hace exacta-mente un siglo, planteó una pregunta que se-tenta años después Edward Lorenz re-formuló en su célebre conferencia "¿La vibra-ción de las alas de una mariposa en Brasil pue-de desencadenar un ciclón en Tejas?".

Robert Redford afirma en una de sus películas que una libélula china puede provocar un huracán en Cuba. Así también, Ray Bradbury imagina un personaje que viaja por el tiempo el cual aplasta a una mariposa del año 2035 y ocasiona la ascensión de un tirano castrista al gobierno de un país. El propio Lorenz reconoce que no se refirió como lo han hecho sus sucesores, a ningún lepidóptero, o libélula o coleóptero... sino a una gaviota. Pero el organizador de la charla mariposeó el título para darle un efecto publicitario que no tiene el pájaro (La fuerza de la mariposa).

Un ejemplo clásico muy significativo de las diferentes teorías predictivas (determinista, aleatoria y caos) son las diferentes aspectos del lanzamiento de una moneda.

Tirar una moneda al aire y comprobar si la moneda cae al suelo o se mantiene flotando, es un experimento determinista (sabemos que acabara cayendo), pues solo hay una opción que se rige por las leyes de Newton.

Si queremos determinar si sale cara o cruz, entramos en el campo de los experimentos aleatorios, y entonces tendremos que usar las leyes y fórmulas de la estadística para determinar la probabilidad de que salga cara o cruz.

Pero finalmente, si queremos saber donde se detendrá cuando caiga, entramos en la teoría del caos, pues pequeñas variaciones en la velocidad del lanzamiento, de la posición de los dedos o de la moneda e incluso del movimiento del aire provocará que al realizar el lanzamiento miles de veces el lugar donde quede la moneda al caer sea siempre diferente.

Consecuentemente, el lugar donde quede la moneda al caer es extremadamente sensible a las condiciones iniciales, lo que concuerda con la definición del movimiento caótico.

Mitchell Feigenbaum

"El caos observa que realmente existen movimientos sin orden. Gracias a la teoría del caos, hemos comprendido que puede haber movimientos erráticos que no son aleatorios, sino que responden a reglas fijas. Si, efectivamente son fenómenos sin orden aparente - como por ejemplo el clima planetario- cuya motivación causal puede ser incomprensible y cuyas leyes se nos escapan, pero en absoluto son fenómenos derivados del azar."

Mientras creamos que el tiempo es una línea recta arrojada desde el pasado hacia el futuro, es difícil recontar muchas de nuestras experiencias temporales interiores, que normalmente menospreciamos como ilusiones, disociaciones, rarezas de la memoria y la percepción, en cualquier caso nada que ver con la naturaleza física y esencial del tiempo.

La teoría del caos sostiene que no hay líneas simples en la naturaleza: cualquier línea, vista desde una escala diferente, resulta ser una sucesión de formas, de irregularidades, curvas, etc.

El caos también sugiere que nada tiene justo una, o dos o tres dimensiones, sino que está "a medias" entre ellas y que estas dimensiones son fractales y no lineales. Todo esto también es aplicable a "la cuarta dimensión".

Hemos reducido la esencia del tiempo a la idea de cantidad, sin darnos cuenta de sus cualidades, ignorando completamente su naturaleza interior.

En nuestro mundo postindustrial, el tiempo se ha convertido en algo mecánico, impersonal, externo y desvinculado de nuestra experiencia interior.

La No Linealidad del Tiempo

Todo, del átomo a la célula, desde un árbol hasta el cosmos, lleva un reloj interior que mide su paso individual del tiempo, la magnitud del proceso que ha experimentado. Según la teoría del caos los sistemas tienden a autoorganizarse, preservando su equilibrio interno al tiempo que retienen una cierta medida de apertura al mundo externo.

Algo semejante sucede con el tiempo: cada elemento de un sistema posee su propia medida singular de la magnitud del proceso interior que se está desarrollando respecto al entorno exterior. Sin embargo los "relojes" internos de todos los sistemas más pequeños se acompañan perfectamente. Esta conexión con el entorno de sistemas que tienen su propia medida temporal enriquece el tiempo y lo llena de dimensiones. Está claro que algunos sistemas están menos influidos por el entorno (ciclos límite) mientras que otros están muy abiertos a cambios.

Hemos separado el tiempo de la inmediatez de la experiencia humana, reduciéndolo a números manipulables mediante una ecuación. Está claro que para un contable el tiempo no tendría utilidad si fuese algo que se replegara sobre sí mismo, que se dispusiera en capas y que tuviera una textura rica. Tampoco lo podríamos utilizar como mercancía, tal y como lo utilizamos ahora: lo gastamos, lo ahorramos, o lo perdemos, pero nunca tenemos suficiente tiempo.

Hay culturas que están ajustadas a otros tipos de medida del tiempo: Los polinesios se han sincronizado con el flujo del tiempo en su entorno. Para ellos la vida se extiende a cámara lenta al amanecer y al anochecer: en ese tiempo se desarrolla una gran actividad y lo que para nosotros son 30 minutos, para ellos pueden ser varias horas. Al medio día la gente descansa y hace el mínimo esfuerzo: entonces, una de sus horas es más larga que 100 minutos nuestros. Nosotros diríamos que las horas de los polinesios tienen una longitud desigual, pero según la experiencia de ellos una de sus horas del medio día dura igual que una de sus horas del amanecer, pues contienen la misma cantidad de actividad.

En nuestra compulsión para mejorar la eficiencia, olvidamos que el trabajo inteligente de los seres humanos no es una mera cuestión de velocidad. En vez de hacernos la pregunta de cuánto tiempo tenemos, podemos hacernos la pregunta ¿Qué tiempo tiene significado para nosotros? No necesitamos más tiempo, sino un tiempo más pleno, no lleno en el sentido de haber hecho un montón de cosas, sino el sentido de comprometernos con la actividad que desarrollemos.

Cuando estamos mirando el fluir de un arroyo, escuchando el viento a través de los árboles y el canto de los pájaros u observando la conducta de las hormigas, podemos llegar a sentir desde los microacontecimientos que, llenos de matices, fluyen sobre nosotros, hasta el flujo

de las olas del tiempo más grandes y lentas, como el movimiento del Sol a través del cielo, el calor de la Tierra, la germinación de las semillas, el envejecimiento de los árboles, etc.

Todas estas dimensiones fractales del tiempo se curvan y se quiebran también dentro de nuestros cuerpos, y están sincronizadas con nuestros ritmos temporales interiores.

A muchos compositores se les ocurre una composición completa en un segundo o en menos, es decir fuera del tiempo, puesto que en estos momentos la pueden "escuchar" entera. Ya a la hora de traducirlas en notas, han de situar la obra en un tiempo lineal.

Así mismo, artistas creativos explican la contemplación de una obra de arte completa en un instante, desarrollando posteriormente algunos detalles.

El envejecimiento

Contemplamos el tiempo como algo que es devorado rápidamente, como el tren engulle los rieles que tiene por delante; partimos de la estación del nacimiento y vamos caminando hacia el destino final pensando que nuestra vida es esa distancia que queda antes de la estación final. Nuestro desesperado objetivo es "llenar" al máximo el tiempo que queda, así lo dividimos en años, días, segundos, e incluso en microsegundos.

Tratamos de conseguir cierta cantidad de cosas en un tiempo concreto pero nunca conseguimos sincronizarnos con sus artificiales divisiones y medidas, y eso genera estrés y nerviosismo, nos sentimos desgajados de nuestro verdadero ser ya que nuestra experiencia interior rechaza esa precisión de intervalos iguales. De hecho las grabaciones musicales analógicas parecen tener un sonido más "cálido" que el sonido digital sintetizado por ordenador, por no presentar esas medidas exactas hasta los microsegundos y por no tener unas frecuencias fijas y precisas.

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".

Cuando la vida corre peligro, el tiempo parece detenerse: los acontecimientos suceden a cámara lenta y tenemos un mundo de tiempo para decidir si frenar o acelerar para evitar un choque.

Es como si cada acontecimiento dentro del paisaje se desarrollara según un tiempo individual con su propia medida de ser y de movimiento. Esa experiencia del tiempo quizá no sea una simple ilusión producida por una mente sobrecargada de adrenalina, sino una clara visión momentánea de cómo son realmente las cosas en las dimensiones del tiempo.

Al desconectar el tiempo mecánico del reloj podemos experimentar los matices del tiempo fractal: nuestra experiencia se expande dentro del tiempo y actuamos en consonancia con nuestros ritmos internos, permitiendo que éstos estén en armonía con los ritmos del sistema que nos contiene.

Cuando estamos absortos en la contemplación de un paisaje natural, cuando nos enamoramos, cuando estamos en crisis o cuando algún peligro nos amenaza, todo esto son momentos en los que un cambio de conciencia nos permite olvidarnos de nuestros prejuicios sobre el tiempo y entrar en ritmos temporales diferentes. También cuando soñamos nos adaptamos a un tiempo diferente, donde una larga y compleja historia es vivida en pocos segundos.

Los mercados financieros son entornos caóticos, donde pequeñas variaciones iniciales producen grandes cambios en los movimientos de los precios finales.

En este sentido, lo que interesa es conocer si existe algún atractor, es decir, si existen algunas pautas o fórmulas que nos permitan determinar el estado final al que son atraídas las cotizaciones. En realidad todas

las teorías de análisis (fundamental, chartismo, onda de Elliot), son los primeros pasos en la búsqueda de un atractor que permita conocer, con antelación, el estado final de las cotizaciones.

Douglas Hofstadter

Uno de los matemáticos más intensamente interesado en el tema, añade:

"Sucedee que una misteriosa clase de caos acecha detrás de una fachada de orden, y que, sin embargo, en lo mas profundo del caos acecha una clase de orden todavía más misterioso".

La Bolsa, los Atractores y la Teoría del Caos

Los últimos estudios sobre la teoría del caos en los mercados financieros, llevan a la determinación de cuatro tipos de atractores:

El atractor puntual se establece según las fuerzas de la oferta y de la demanda en un punto matemáticamente equidistante entre ambos. Este punto es un atractor lineal, que constituye el punto de equilibrio entre la oferta y la demanda en cada operación.

El atractor cíclico responde a la naturaleza cíclica de los mercados financieros. La teoría de la onda de Elliot, que se expresa a través de pautas, es una aproximación elemental en este sentido, siendo el primer paso de los mercados financieros hacia el atractor cíclico.

Finalmente, el atractor extraño es el caos propiamente dicho, pues es la suma de factores pequeños, diversos y variables que en última instancia determina el sentimiento de los inversores sobre los precios de las acciones. Este atractor se estudia en economía dentro del campo de las expectativas racionales, que es una nueva modalidad de análisis bursátil que olvida las empresas (análisis fundamental) y las cotizaciones (análisis técnico) y se concentra en el único agente activo del mercado: los inversores.

Actualmente algunas teorías identifican el atractor extraño con los modernos medios de comunicación los cuales a través de sus informaciones, objetivas o sesgadas, atraen el movimiento de los precios hacia el punto determinado.

En los sistemas no caóticos el atractor suele ser un punto, una circunferencia o un toro (una figura con forma de rosquilla o neumático hinchado).

En los sistemas con caos, el atractor presenta una forma "extraña" y se caracteriza por no tener una dimensión entera y ser sibi semejante, en suma ser un fractal.

La Bolsa, los Atractores y la Teoría del Caos

Aplicaciones de la Teoría del Caos

Hasta 1990, la presencia de caos se consideraba como algo malo, negativo, por el carácter incontrolable del fenómeno. Pero a partir de entonces se ha intentado influir en la perturbación inicial para conducir nuestro sistema hacia el comportamiento deseado.

Los sistemas (porciones del universo aisladas para su estudio) sometidos al caos no funcionan por azar, sino que responden a una ecuación. El conocimiento de las leyes subyacentes permite su control aunque aún este propósito no se puede aplicar a niveles macroscópicos o contra los que nada podamos interponer (es el caso de los huracanes o los terremotos).

Se puede ejemplificar de manera sencilla cómo en un sistema complejo la sensibilidad a las condiciones iniciales puede provocar caos: el ligero desvío que puede causar un guijarro en la rueda delantera de una bicicleta que marcha en línea recta determinará un alejamiento cada vez mayor de la trayectoria inicial.

Otro ejemplo, en este caso, histórico: la caída de un meteorito sobre la Tierra desencadenó una serie de fenómenos que culminaron con la desaparición de los dinosaurios.

Por su parte, el profesor Héctor Mancini, director del Instituto de Física de la Universidad de Navarra, puso algunos ejemplos: "Analizando el comportamiento de los inversores podemos conocer la evolución del sistema económico. El caos se traslada también al conocimiento de las redes neuronales y de la fibrilación cardíaca". En este último caso, Boccaletti ejemplificó que un pequeño marcapasos puede servir de perturbación inicial emitiendo una señal imperceptible que desencadene un proceso destinado a evitar la fibrilación del sistema cardiovascular.

"Asimismo, podemos controlar las reacciones químicas que se producen en las cámaras de combustión", dijo Mancini. El control de epidemias, los movimientos poblacionales, la evolución de las especies animales, la mejora de la seguridad en las telecomunicaciones o la predicción del tiempo son otros ejemplos de aplicación.

"Los sistemas caóticos son aquellos que dependen de forma crítica de sus condiciones iniciales. Pequeñas perturbaciones en el inicio de un proceso lo determinan de manera radical. El caos no es un concepto alejado de la realidad cotidiana: el corazón, sin ir más lejos, responde a un sistema caótico, no regular, como normalmente se cree".

Stefano Boccaletti Universidad de Navarra

El caos es impredecible, pero esto no quiere decir que se debe renunciar a su análisis físicomatemático sino que su estudio requiere de una metodología diferente.

Autoorganización Es la capacidad de un sistema para lograr estabilidad y flexibilidad en su estructura. Se observa autoorganización en diversos aspectos de la naturaleza siendo los sistemas naturales los que suelen ostentar mayor autoorganización que las estructuras creadas artificialmente. Un huracán, por ejemplo, es una forma autoorganizada de la naturaleza, si no fuera por la autoorganización toda la fuerza que lleva cada partícula se perdería al chocar unas con otras, sin embargo las partículas entran en ciclos retroalimentadores y mediante efecto mariposa se amplifica su velocidad.

Dimensión Es la longitud de una línea, la extensión de una superficie o el volumen de un cuerpo, en otras palabras son las magnitudes que definen un fenómeno físico determinado, así se considera el tiempo como la cuarta dimensión.

Fractal Se denomina así a los objetos cuya creación depende de reglas de irregularidad o de fragmentación y del proceso matemático que los estudia. Se emplean metodologías fractales para describir fenómenos complejos que no son explicables por métodos tradicionales.

Frecuencia Repetición mayor o menor de un acto o de un suceso. En física, número de veces que se repite un proceso periódico por unidad de tiempo. Ejemplo: La frecuencia de esta emisora es de tantos kilociclos por segundo.

Intermitencia Es la situación en que lo simple y lo complejo se alternan constantemente. Así tenemos que, con la aparición de relojes atómicos de precisión se descubrió que la Tierra sufría alteraciones en su rotación, esto significa que el paso del "tiempo" de la Tierra no es perfectamente regular porque de vez en cuando aparecen estallidos intermitentes de caos. También el cuerpo humano presenta gran variedad de ejemplos de intermitencia, uno es que se ha demostrado que un poco de caos es necesario para que el sistema inmunológico funcione de forma eficiente.

En matemáticas existe diversos casos de Intermitencia, como ejemplo tenemos que entre los números irracionales están algunos muy importantes, números que parecen ser inherentes a la naturaleza, como es el número pi, o raíz de 2, son números de complejidad infinita que aparecen dentro de un sistema regular de números racionales.

Modelo matemático Esquema teórico o representación, generalmente en forma matemática, de un sistema o de una realidad compleja para reproducirlo y estudiarlo. Existen modelos matemáticos de la evolución económica de un país, que se elabora para facilitar su comprensión y el estudio de su comportamiento.

Sistema Es un conjunto de ideas, reglas, principios y elementos estructurados ordenadamente y relacionados entre sí que conforman una teoría coherente u objeto. Así tenemos como ejemplos: sistema jurídico, sistema político, sistema filosófico, sistema eléctrico, sistema nervioso, DOS, sistema planetario solar, etc.

Por otro lado, un sistema también puede ser concebido como un medio, modo o manera de proceder para lograr un objetivo, por ejemplo: un sistema de ataque innovador para ganar un partido de fútbol.

Teoría Una teoría es una proyección mental sobre la infinita complejidad de la naturaleza. Al físico David Bohm le gustaba señalar que las palabras "teoría" y "teatro" proceden de la misma raíz griega que significa "ver", así pues, una teoría científica es un teatro de la mente, algo provisional que nos abstrae de un contexto muchísimo más amplio. Por otro lado, el contexto en el que nace la teoría cambia permanentemente, en consecuencia una teoría funciona durante un cierto tiempo y después parece estancarse, se le modifica hasta que surge una nueva teoría. En definitiva, las teorías son herramientas de la mente.