

La Vanguardia, 3 de Septiembre de 1999

-
-

VICTOR BATALLE La teoría del caos es uno de los descubrimientos más importantes para la humanidad en este final de siglo. Sólo puede compararse con el descubrimiento de la teoría de la relatividad o la teoría cuántica. En una conversación reciente con el filósofo Josep Maria Esquirol, éste comentaba que el caos absoluto no existe, al igual que el "kronos" absoluto tampoco existe. En cambio, ambos aceptábamos que la comunidad científica, en los últimos trescientos años, no ha hecho nada más que tratar de conquistar el "kronos" absoluto, o sea, el dominio completo de la materia en un orden y tiempo internos que, a su vez, se pudieran predecir. Esquirol insistía en que la "teoría del caos" debería llamarse "teoría de la complejidad". Ambos términos son conocidos, en el mundo científico, como el estudio de sistemas dinámicos no lineales.

Abordar científicamente el caos es ensamblar las matemáticas con la física, una cohesión que depende, en gran medida, de la invención de computadoras de alta velocidad para calcular complejas ecuaciones que se alimentan a sí mismas. La teoría del caos se divide en dos campos: el primero pertenece a la escuela de Ilya Prigogine y se ocupa de sistemas complejos cuya propia organización deriva hacia una progresión temporal fuera del caos. Un segundo grupo estudia sistemas que se mueven desde el orden hacia el caos, aquí entendido como desorganización. Se trabaja principalmente en las fases de transición, en las cuales el orden puede aparecer caótico: las formas se desarrollan en secuencias no previstas, que sólo son identificables una vez terminadas. Las formas más conocidas son las fractales, o sea, formas generadas de acuerdo con el principio de autosemejanza y en un desarrollo progresivo de escalas.

Digamos que los matemáticos y los físicos han marginado todos los sistemas dinámicos del universo por difíciles de predecir. Los únicos sistemas que podían ser entendidos, en el pasado, eran los lineales, aquellos que seguían formas determinadas, o sea, las ecuaciones lineales, las funciones lineales, las programaciones de computadora lineales... todo esto ha sido lo que la raza humana ha entendido y estudiado. Sin embargo, los seres humanos nunca hemos vivido en un mundo lineal. Una de las metáforas más conocidas para explicarlo es el denominado "efecto mariposa": una mariposa bate sus alas en Brasil y se produce un tornado en Texas.

Quizás el símbolo más citado del efecto mariposa ha sido el denominado "atractor Lorenz". Lorenz era un meteorólogo que estaba probando un modelo simple de predicción atmosférica que comprendía tres tipos de datos -la velocidad del viento, la presión del aire y la temperatura- y los insertó en tres ecuaciones que fueron introduciendo los datos entre sí, de forma que se creó un rizo retroalimentador matemático, que daba vueltas y vueltas en una simulación de cómo sería el tiempo. Al analizar los resultados, decidió sólo usar los tres primeros decimales de la ecuación considerando que el margen de error era mínimo; su sorpresa fue considerable al encontrarse con que las predicciones que resultaron eran excepcionalmente diferentes a las que se esperaba. Predecir el tiempo era tan difícil porque una pequeña variación en el principio podía modificar sustancialmente el final. Sabiendo que en el tiempo atmosférico no existe principio, sino un sistema caótico que se retroalimenta de variaciones constantemente, es fácil

entender por qué el hombre del tiempo sólo aventura pronósticos.

Nada es igual

El atractor de Lorenz demostró que un sistema nunca se repite a sí mismo y que su trayectoria no arriba a un mismo punto siempre, sino que va confeccionando unos lazos -como la forma de un tejido- que nunca son iguales. Lorenz no sólo había descubierto una imagen exacta del caos, sino que había descubierto una imagen de la misma vida. Lorenz había probado que un sistema dinámico y complejo muestra orden, aunque su desarrollo no se repita nunca. Ya que nuestro mundo está clasificado como un sistema complejo, nuestras vidas, nuestro tiempo atmosférico, nuestras experiencias nunca se repiten, en cambio forman unos dibujos geométricos con los cuales es más fácil entender el caos, o sea, la esencia más recóndita del orden.

El efecto mariposa es un exponente de la influencia que pueden ejercer los individuos en la sociedad, pero también indica la humildad fundamental que es necesaria para ejercer esta influencia de modo positivo. No podemos saber si nuestra influencia tendrá efecto, ni cómo ni cuándo. Lo mejor que podemos hacer es actuar con sensibilidad y sinceridad, recordando que nunca es una persona la que provoca un cambio, sino la retroalimentación del cambio dentro de un sistema completo. El efecto mariposa se deriva del hecho de que, como John Done dijo, "ningún hombre es una isla". Todos formamos parte del todo.

Un concepto básico en la teoría del caos es el de los fractales. Y una de las personas que más han influido en la concepción matemática de los fractales y sus aplicaciones ha sido Benoit Mandelbrot. Nacido en 1924 en Polonia, hijo de padres judíos de Lituania, este muchacho que nunca aprendió las tablas de multiplicar y que, al día de hoy, todavía no sabe usar los directorios de las páginas amarillas, ha revolucionado el mundo matemático tal como lo entendíamos. Durante sus estudios en París, pasó los exámenes con notas altísimas, no porque supiese la forma habitual de ecuaciones algebraicas, sino porque era capaz de resolver las ecuaciones como si de un dibujo visual se tratasen.

La cuarta dimensión

Una vez consiguió su licenciatura, se marchó a Estados Unidos y empezó a trabajar para IBM y a formular su propia versión del concepto de la dimensionalidad, azuzado por el concepto de autosemejanza a través de una escala infinita. Se inspiró en las ideas del filósofo Leibniz que inmortalizaron en 1733 los versos de Jonathan Swift: "So, Naturalists observe, / a Flea hath smaller Fleas that on him prey, / And these have smaller Fleas to bite,em, / And so proceed ad infinitum" ("el naturalista observa que una pulga tiene a su vez pulgas y estas pulgas también tienen sus pulgas hasta el infinito"). Los estudios de Mandelbrot sobre este tema llevaron a la conclusión de que la cuarta dimensión existe, una cuarta dimensión compuesta de todas las fracciones que hay entre sí. Los seres humanos existimos viajando a una velocidad constante y en la dirección del espacio continuo. El tiempo pasa por nosotros y pasa por la naturaleza, una naturaleza que tiene mucho que ver con los infinitos triángulos que la componen. Las dimensiones fractales aportan una nueva forma de entender el mundo distinto al de Euclides y a su geometría, que nada tiene que ver con la vida real porque, como Benoit Mandelbrot dijo,

"las nubes no son esferas, las montañas no son conos, las costas no son círculos, la corteza de un árbol no es suave y un relámpago nunca ha viajado en línea recta".

Muchos objetos autosemejantes son fáciles de describir dentro de los parámetros de una geometría fractal. La figura de una montaña o el curso de un río pueden verse fácilmente en diversas formaciones menores a su alrededor. Los bronquios de un ser humano tienen autosemejanza en un mínimo de quince niveles. Los helechos son las plantas en las que se aprecia más perfectamente el concepto de la autosemejanza, una rama pequeña es una réplica de una mayor. La mayoría de los estilos del arte asiático funciona a través de la repetición simple, hasta crear figuras tántricas de exquisita belleza. Un árbol, por ejemplo, puede ser minimalísticamente representado por arcos en la forma que lo hizo Mondrian. Se empieza a sugerir que la mayoría de los secretos genéticos codificados en la información del ADN se debe a la autosemejanza.

Hemos mencionado anteriormente la palabra mágica "atractor", que significa un cambio extraño en un sistema regular, un "ruido". Para el corazón, el mecanismo atractor es una secuencia de neuronas. El ritmo del latido del corazón se produce por esta secuencia. Los científicos que la han estudiado bajo la teoría del caos han advertido que la secuencia no es ni mucho menos regular y que contiene algo "extraño" y diferente en cada individuo. Las conductas de los sistemas mecánicos son como pistones o péndulos, consistentes y regulares. No sucede lo mismo con el corazón, un corazón saludable no es nada regular. Las pequeñas alteraciones en los ritmos cardiacos son una señal de buena salud en el órgano. La secuencia de neuronas que se dispara para que su "orden muscular" la ejecute el corazón, no es una serie de bujías, sino una serie desorganizada de tiempos e intensidades que, vistas en su conjunto, no tienen ni orden ni concierto, es decir, son caóticas, y es este sentido caótico de libertad el que precisamente favorece la "flexibilidad" del corazón para hacer frente a las circunstancias de la vida, sea el estrés, la bajada de temperatura o el flechazo más inoportuno. El atractor para el cerebro es aún más extraño y requiere un caos neuronal elevado para que pueda proporcionar la base de la repentina autoorganización de los pensamientos y de las emociones.

Ante la pregunta de si la vida es simple o compleja, la teoría del caos dice que puede ser ambas cosas y que, sobre todo, lo puede ser a la vez. El caos revela que lo que parece extremadamente complejo puede tener una génesis muy sencilla, mientras que aquello que aparenta ser sencillo puede entrañar un cúmulo de posibilidades ingentes de complejidad y subordinación no apreciadas. La teoría del caos nos dice que lo simple y lo complejo son caras de una misma moneda. Como el dios romano Jano, que tenía dos caras indivisibles. La teoría del caos es la paradoja reinante en el final de milenio. Pero ya cuando Nicolás de Cusa, en el siglo XV, definió a Dios, usó la paradoja de "la unidad de los contrarios". La paradoja es la base del conocimiento oriental: tanto el taoísmo como el confucionismo la hacen servir como instrumento para comprender las verdades universales. Cuando el maestro Chuang Tzu sueña que es una mariposa, inmediatamente se pregunta si no será una mariposa que está soñando que es un hombre. Los científicos han descubierto una serie simple de tres ecuaciones para graficar un helecho y este descubrimiento ha iniciado una nueva línea de pensamiento: la que sostiene que quizá el ADN genético lleva incrustado un código, no una indicación de hacia dónde van a crecer las hojas, sino una fórmula fractal que controla su distribución. En el caso

humano, apunta esta nueva concepción, es evidente que el ADN no puede contener toda la formulación necesaria para saber dónde colocar cada célula del ser humano. Sin embargo, usando fórmulas fractales de control, es posible ver que el sistema vascular se va autosemejando en su crecimiento y que el sistema nervioso va creciendo en la medida neuronal que el caos le permite; quizás el mismo cerebro está organizado por leyes del caos que le facilitan la flexibilidad suficiente y la libertad para alterar su crecimiento en la dirección que desee.

Hace dos años se creó en San Francisco la Society for Chaos Theory in Psychology, una institución que ha reconocido la importancia de las teorías sobre el caos y la ayuda que pueden prestar a un sinnúmero de enfermedades psicológicas. Su presidente, Jeffrey Goldstein, afirma que, en medicina, estas teorías producen un punto de vista completamente nuevo en enfermedades como la esquizofrenia. La teoría del caos sirve como instrumento a la hora de reconocer las limitaciones de una simple estadística aplicada a un sistema dinámico y complejo como el cerebro. Una de las propiedades fundamentales del cerebro es su capacidad para ejercer el control de sí mismo, modular sus funciones y configurar el sentido de proporción entre las variables que computa. Esta propiedad de control se mantiene dentro de un desarrollo caótico. Manifestaciones psicopatológicas extremas pueden ser explicadas a raíz de una súbita interrupción de este sistema dinámico no lineal o, simplemente, porque empieza a oscilar desde un punto determinado. Veremos muy pronto en psiquiatría nuevos proyectos para determinar las interacciones entre el medio ambiental del paciente y su cerebro. La múltiple variedad de la mente humana requiere que se encuentre el lenguaje idóneo para discutir los criptogramas del propio caos en que está sumergida.

Algunas aplicaciones prácticas

La teoría del caos se ha usado y se usará más como trasfondo científico que como una aplicación directa de conocimiento. Sin embargo, hay algunas utilidades prácticas de una manera de ver el mundo completamente diferente de los puntos de vista de la ciencia convencional, rompiendo una corriente que va desde Newton hasta nuestros días.

PARA PELÍCULAS DE SPIELBERG. La película de Steven Spielberg "Parque Jurásico" se basaba en la teoría del caos y en la facilidad para que un elemento pequeño introducido en un sistema complejo dinámico pueda producir la catástrofe. La teoría del caos es una herramienta científica para interpretar la gran cantidad de datos que producen los sistemas no lineales. En vez de mirar ecuaciones estrictas que conforman datos estadísticos, podemos mirar sistemas dinámicos con comportamiento similar a los datos estadísticos.

PARA CURARNOS DEL CORAZÓN. Técnicas de la teoría del caos se han usado como sistemas de modelo biológico, ya que éstos son los modelos más caóticos que existen en la naturaleza. Sistemas de ecuaciones dinámicas han sido usados con éxito para modelar desde crecimientos de población hasta cuestiones médicas, como el desarrollo epidémico, un estudio personalizado de las arritmias cardiovasculares o la epilepsia.

PARA ESTAR MENOS LOCOS. La psiquiatría se verá beneficiada por el estudio de la teoría del caos, al considerar globalmente la diferencia de variables a la hora de tener que evaluar

aquellos comportamientos que son normales, separándolos de aquellos que no lo son, porque ahora ninguna de las variables tiene preeminencia por encima de las demás. El observador tiene un papel tan importante como el objeto observado en sí mismo. Es interesante recordar que el concepto de complementariedad entre observador y observado ya había sido utilizado hace un siglo por el psicólogo William James.

PARA JUGAR A LA BOLSA. Cualquier sistema caótico puede ser modelado de acuerdo a la teoría del caos, por ejemplo los mercados de valores, que pueden ser analizados por atractores poco convencionales y más efectivos que las ecuaciones explícitas de crecimiento o recesión.

PARA EL DISEÑO GRÁFICO. El mundo de los fractales es una aportación innovadora al diseño, como puede verse en las siguientes webs: sprott.physics.wisc.edu/fractals.htm, library.advanced.org/3288/, i30www.ira.uka.de/~ukrueger/fractals/).

PARA MIRAR AL UNIVERSO. En física astroplanetaria, la metodología del caos es aplicada para entender las órbitas planetarias, y predecir la intensidad solar.

Creación y política

MÚSICA. Diana S. Dabby, una estudiante del prestigioso Massachusetts Institute of Technology, ha creado variaciones sobre un tema de Bach. Asociando las notas musicales del "Preludio en mi" con un determinado número de coordenadas del atractor de Lorenz, a través de un programa de ordenador creado por ella misma, ha conseguido una pieza musical perfectamente similar a cualquier otra creada por un músico profesional dedicado a parafrasear a Bach. Pero hay una diferencia fundamental: Dabby nunca ha estudiado música, ni tan siquiera solfeo.

ARTE. La teoría del caos explica muchísimos intentos del arte de vanguardia en los últimos cincuenta años, sobre todo en América. La completa aniquilación de convenciones y tradiciones se dio en una desordenada interacción que nada tenía que ver con los vértices de retroalimentación tradicionales que un arte, cultura o lengua tenían para continuar conformando su identidad. Ambas, flexibilidad e identidad, distinguen la creatividad de una cultura en progreso. Para el arte visual, el nuevo milenio estará compuesto de caos energético, no concreto pero que se concentrará en sí mismo y tendrá una tensión en la superficie que lo hará comprensible. A los artistas siempre se les ha pedido imaginación e inteligencia. No se les pide que conozcan las leyes físicas del caos, sino que las interpreten como no lo han hecho nunca antes. Piet Mondrian es el artista por excelencia a la hora de entroncar el arte con la ciencia. Jackson Pollock trató de descubrir la indeterminación del arte, ambos se quedaron al principio de la ley del caos. Muy pronto habrá un artista que se identifique con ella. O quizá ya no sea artista, sino toda una comunidad que entiende que el arte también está llamado a crear un nuevo milenio más flexible y más compenetrado con el mundo en su totalidad, y no necesariamente pienso en un arte global a través de Internet, aunque ciertamente la red es la formación humana más parecida al Cerebro Global, con todas las leyes y los atractores más característicos del caos.

SOCIEDAD. - No es del todo importante para la humanidad controlar el caos de un bingo, pero sí entender el caos de la atmósfera, del corazón o el de un proceso industrial. Cuando Al Gore era senador, en su libro "Earth in the balance", dedicó varias páginas al entendimiento del caos y escribió: "Mucha gente está convencida de que al igual que la física newtoniana produjo una revolución en la forma de comprender la relación causa-efecto, las implicaciones de la teoría del caos serán muy pronto absorbidas por la ciencia política y el análisis social". El futuro del caos está asegurado, no porque la Casa Blanca se interese por él, sino porque su propio desarrollo encontrará la bifurcación necesaria para convertirse en otra forma fractal que precise de una renovada atención.

BIBLIOGRAFÍA. Recomendaría dos libros: "Caos", de James Gleick (Seix Barral), y "Las siete leyes del caos", de John Briggs y David Peat (Grijalbo).