

# DEL EDITOR

## LA TEORÍA DE LA COMPLEJIDAD

JOAQUÍN GONZÁLEZ

*Instituto Pedagógico José de la Luz y Caballero, Holguín, Cuba  
Miembro de Mérito de la Sociedad Cubana de Física, j.gonzalez.a@hotmail.com*

### 1. INTRODUCCIÓN

La complejidad es una forma de analizar, de reflexionar sobre determinados aspectos de la naturaleza, la sociedad y el pensamiento, los cuales presentan ciertas características que los clasifican como sistemas de comportamiento complejo.

### 2. DESARROLLO

Los sistemas de comportamiento complejo necesitan para ser determinados de un programa que medirá el grado de complejidad por la cantidad de información que contengan. En términos matemáticos, por el número de bits o longitud del programa. Característica esencial de estos sistemas es el hecho de que constituyen colectivos en los que surgen propiedades al constituirse éstos que no presentaban sus elementos aisladamente. A éstas se les llama propiedades emergentes. Las variaciones en la cantidad, valor y propiedades en general de los sistemas que estudia la complejidad, no lo hacen de forma directamente proporcional o como se dice en matemáticas de forma lineal, sino de forma no lineal. La no linealidad se manifiesta matemáticamente en las ecuaciones dinámicas que modelan el sistema, en la aparición de potencias de las variables desiguales a uno.

Las variaciones que experimentan los sistemas de propiedades complejas pueden llegar a situaciones en que no sean predecibles y que muy pequeñas variaciones en las condiciones iniciales, provoquen grandes cambios irregulares, no periódicos, en las propiedades,

cantidades o valores del sistema. Se dice entonces que se ha llegado al caos, teniendo este vocablo una connotación especial en la teoría que estudia la complejidad. Es un concepto que, como otros de la Teoría de la Complejidad, tuvo su origen en las matemáticas y fue estudiado con mas amplitud por el climatólogo norteamericano Edward Lorenz. Hay ecuaciones o sistemas de ecuaciones que a partir de ciertos valores de las variables, los valores que siguen resultan impredecibles, aperiódicos, se dice entonces que se ha llegado al caos determinista, determinista porque se somete, aún con las características citadas, a regularidades que se estudian y se tratan con métodos de las ciencias exactas, naturales y humanísticas.

Esa característica de los sistemas en régimen de caos, de pequeñas causas provocando notables cambios en los efectos, ha pasado a la cultura pudiéramos decir popular, descrita como que “el aleteo de una mariposa en New York es capaz de provocar un tiempo después un huracán en Beiguin”, lo que ha motivado que el caos sea conocido como Efecto Mariposa. Y ya llegado a este punto podemos ir comprendiendo como conceptos como el de caos y otros de la Complejidad, manejados inteligentemente y con cabal entendimiento del concepto en su significado originario, pueden ser extrapolados a otras ramas del conocimiento universal y con procedimientos análogos de razonamiento a los originarios, enriquecer teorías de disciplinas como, economía, sociología, filosofía, psicología además de las distintas ramas de la ciencia, física, química, biología, que fueron donde surgieron los conceptos básicos de la Complejidad.

Además, y esto es muy importante, la Teoría del Caos debida a Edward Lorenz, vertiente principal de la Complejidad,, al mostrarnos que en un momento dado multitud de procesos se hacen impredecibles, y que esto es algo que forma parte de la realidad, que no podemos evitar, el enfrentarnos racionalmente a esta realidad y actuar en consecuencia, es algo que nos lo permite el estudio a fondo de la Teoría del Caos. Nos permite trazar estrategias ante eventualidades en todos los terrenos de la vida.

Hace unos años ocurrió que en México y mas tarde en varios países asiáticos, hubo una caída estrepitosa de las bolsas de valores, las cuales comenzando en puntos localizados, se propagaron caóticamente por casi todo el mundo por lo cual remedando lo del Efecto Mariposa, se les llamó a esos eventos, Efecto Tequila al de México y Efecto Dominó al asiático. Muy presente estuvo la Teoría del Caos y por ende la de la Complejidad en los pasos dados por los economistas para superar esas crisis. No obstante lo que puede intuirse de la explicación anterior, no puede olvidarse que el origen del concepto caos en el contexto, es de índole matemático. Ciertos procesos naturales como el aumento de la población de una especie animal en determinadas condiciones, puede estudiarse mediante un mapa iterativo como el logístico:

$x_{n+1} = kx_n(1 - x_n)$  donde las  $x$  representan las poblaciones en la etapa que se estudia y la anterior, y la  $k$  es la tasa de crecimiento. Para cierto valor de la tasa de crecimiento, los valores de la población comienzan a repetirse periódicamente constituyendo ciclos o períodos que van aumentando en componetes, llegan a ser muy largos y a partir de cierto valor de la tasa se pierde la periodicidad y es cuando se presenta la condición de caos. Pero es el caso que a las puertas del caos, si colocamos los valores poblacionales de un período como puntos de un eje coordinado, la disposición de éstos adopta un configuración consistente en la repetición cada vez a menor tamaño, de un patrón geométrico, constituyendo lo que se llama un fractal. De la repetición cada vez a menor tamaño de un mismo patrón geométrico se dice que es un proceso de autosemejanza el cual se realiza manteniendo constante el factor de reducción,

característica llamada Invarianza de Escala, la cual se presenta en fenómenos naturales que ocurren en sistemas complejos lejos del equilibrio cercanos al punto de transición de fase o punto crítico. De los fractales también se ocupa la Teoría de la Complejidad.

Tanto la Teoría del Caos como la de los Fractales resulta tema de referencia actualmente, en el análisis de fenómenos relacionados con la economía y con las finanzas, sobre todo al tratar de las crisis periódicas o cíclicas, de períodos no muy largos o sumamente largos como las que a nivel mundial se han producido a mediados del siglo XX y principios del XXI. Autosemejanzas que presentan estos eventos, inteligentemente estudiadas pueden, mediante los conceptos de la fractalidad, ofrecer enseñanzas que sirvan para aminorar o hasta evitar los efectos de las citadas crisis, y no dar motivo a actitudes de negativa resignación.

Otra muy importante vertiente de la Complejidad la constituye la Termodinámica de No Equilibrio, que, como su nombre indica tiene su origen en la termodinámica, pero que sus conceptos esenciales extrapolados racionalmente pasan a ser poderoso instrumento investigativo en disciplinas como la sociología y la economía. En esta vertiente de termodinámica de no equilibrio y a partir de los aportes del Nobel belga Ilya Prigogine, se hace énfasis en los conceptos de equilibrio y orden que partiendo de la termodinámica son conceptos antagónicos aunque parezca extraño. En este contexto, el equilibrio es el estado al que espontáneamente tienden los sistemas y si bien se analiza, esa tendencia es hacia el desorden. Enciérrese un gas en una caja y de momento ábrase un extremo de ésta; espontáneamente las moléculas del gas se regarán, se desordenarán y en ese desorden permanecerán, será su estado natural, su estado de equilibrio como entiende la termodinámica.

Para ordenar las moléculas del gas de nuevo habría que hacer fuerza sobre ellas, empujarlas hacia la caja. El orden no es espontáneo, hay que imponerlo, bien que lo sabemos. Pero un sistema equilibrado no suele ser útil. Un gas en una jeringuilla sin émbolo, está desordenado, en nuestro contexto equilibrado, pero no produce

movimiento. Si lo comprimimos con un émbolo, lo ordenamos, lo desequilibramos pero estará apto para realizar un trabajo cuando soltemos el émbolo y se expanda. Es por ello que, aunque parezca paradójico, para lograr movimiento es necesario propiciar el no equilibrio. Manejado racionalmente este hecho puede resultar positivo en importantes momentos. En los saltos cualitativos de cambio de estructuras socioeconómicas, se suelen presentar. En el momento de producirse, inestabilidades, desequilibrios, que pueden tomar la forma de contradicción entre las fuerzas productivas y las relaciones de producción aunque esto no signifique una necesidad histórica. La termodinámica de no equilibrio predice y así se cumple, que a partir de la inestabilidad, del no equilibrio, la estructura se estabiliza en un nuevo estado. Pero como todo orden hay que mantenerlo pues no es espontáneo como vimos.

Para lograr ese orden sostenido gran aporte hace la Teoría de la Complejidad sobre todo en la vertiente de la termodinámica de no equilibrio debidamente extrapolada desde sus conceptos originarios. Así como hemos visto que en general el no-equilibrio es lo deseado, es más, se presentan casos en los cuales lo deseable es que un organismo no alcance el no-equilibrio pues no deseamos su estabilización. Un ejemplo nos lo presenta el distinguido médico colombiano Dr. José Félix Patiño quien estima que un ente indeseado como es el cáncer, en su tratamiento ha de buscarse el que no alcance el no- equilibrio para que no logre mantener su maligno ordenamiento.

### 3. CONCLUSIONES

En la actualidad a nivel mundial se realizan intensos estudios de la Complejidad. En los planes de estudio de las enseñanzas superior y media aparecen destacados espacios dedicados a la Teoría de la Complejidad a nivel mundial.

Antes de finalizar debemos expresar nuestra opinión de que, quienes seducidos por el sugerente significado que algunos de los términos del glosario de la Complejidad tienen en el lenguaje común como caos y complejidad, se sienten motivados a incursionar en extrapolaciones de conceptos, antes deben adentrarse en los fundamentos originarios de los mismos, casi todos concebidos en el campo de las matemáticas y las ciencias naturales, para evitar caer en lo metafórico y en la posible apropiación errónea de conceptos.

### REFERENCIAS

- [1] BARABASI, A-L. Linked. Universidad de Notre Dame. 2007.
- [2] GLEICK, J. CAOS. Penguin Books. New York. 1988.
- [3] GONZÁLEZ, J. Ciencia, Arte y Literatura. Editorial Holguín. Holguín. 2001.
- [4] Tratamiento de los Sistemas Dinámicos. En [www.casanchi.com](http://www.casanchi.com). 2006
- [5] GONZÁLEZ, J. Y R. ÁVILA. La Ciencia que Emerge con el Siglo. Editorial Academia. La Habana. 2004.