

La Pelota Mágica
Creatividad, Caos y Economía
LUIS ALONSO POTES RODRIGUEZ

ECONOMIA Y CREATIVIDAD
-Artículos e ideas

A mis hijas

Sobre la Teoría del Caos

Resumen del curso de “Introducción a la Geometría Fractal”
El mismo fue dictado en el año 2003 a través del sitio
www.fractaltec.org y constó de 5 clases y varias charlas en
los foros de debate: [http://www.fractaltec.org/local-](http://www.fractaltec.org/local-cgi/cutecast/cutecast.pl)
cgi/cutecast/cutecast.pl Recomiendo a todos aquellos que
lean este texto por primera vez y les surjan dudas, que hagan
todas sus consultas en dicho foro

–ARTICULO

El título solo nos da un panorama de lo que veremos a continuación: el CAOS. Este tema tiene además un fuerte trasfondo filosófico. Preguntas tales como: ¿Juega Dios a los dados? Haciendo alusión al azar con que se presentan los hechos en la Naturaleza; el eterno enfrentamiento entre el Orden y el Caos, o el Reduccionismo y Determinismo y figuras tales como la Entropía de la mecánica clásica y termodinámica; todos unidos conforman un combo explosivo que llevan a enunciar postulados de lo que hoy se lo reconoce como una “Nueva Ciencia”.

Antes de las definiciones, voy a dar un par de conceptos que considero son claves.

Los Fractales implican Caos, pero el Caos no implica Fractales.

Aclaración a este primer concepto. Aquí estoy hablando de los fractales que se presentan en la vida cotidiana, en la naturaleza, en los sistemas biológicos, físicos o sociales, en otras palabras, los fractales no lineales o complejos. Es fácil ver que los fractales lineales son perfectamente previsibles y deterministas.

Veamos, la Geometría Fractal es tan solo una pequeña parte de la Teoría del Caos, esta última se basa en una diversidad muy grande de herramientas matemáticas que van mucho

más allá de los Fractales. Si, como hemos visto anteriormente, aquellos sistemas no lineales o caóticos que tengan Auto similitud y una dimensión fraccionaria serán estudiados por la Geometría Fractal, pero no todos los sistemas caóticos poseen estas cualidades, por lo tanto se requiere otro tipo de técnicas para estudiarlos.

Diferencia entre la Matemática tradicional y la Teoría del Caos

Cuando estudiamos en Física materias como Mecánica Clásica, nos topamos con ecuaciones tales como:

$$X = X_0 + V_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

La cual nos da por resultado la posición de un objeto que viaja a una velocidad determinada en un tiempo y con una aceleración dada.

O las muy famosas leyes de Newton, como por ejemplo la segunda que nos dice:

$$F = m a$$

Ella nos muestra que el valor de la sumatoria de todas las Fuerzas es igual a la masa multiplicada por la aceleración.

Lo que intento dejar en claro con estos ejemplos es que, según la matemática tradicional, conocidas tales condiciones iniciales puedo saber con exactitud cómo se va a comportar un cuerpo o un sistema a lo largo del tiempo. En teoría, si conozco donde se encuentra un cuerpo, a qué velocidad se mueve, que aceleración posee y en que trayectoria se desliza, voy a poder saber sin problemas donde va a estar y que características tendrá su movimiento en el tiempo que yo elija. Tanto en el pasado como en el futuro.

Es bueno hacer una aclaración sobre el tiempo en este momento. La Teoría del Caos, y de la mano de Prigogine, habla sobre la Flecha del Tiempo concepto fundamental de

esta nueva teoría. Esta nos dice que el tiempo es irreversible. La mecánica clásica no diferencia entre presente y pasado, como veíamos en las ecuaciones anteriores, no importa que tiempo ponga en la variable t , voy a obtener un resultado lógico y correcto. La Teoría del Caos nos enseña que todos los sistemas son irreversibles, jamás puedo volver hacia atrás, por este motivo se habla de la Flecha del Tiempo, solo apunta hacia un extremo, ¡EL futuro! La justificación para este postulado, está directamente relacionado con la entropía. (Ojo con el término condiciones iniciales, y que será lo más importante en lo que se basa toda la Teoría del Caos)

¿Qué sistemas describen realmente estas ecuaciones? En primer lugar, obviamente se aplican a sistemas naturales y mecánicos reales, si no, la Física no tendría ningún sentido. En segundo lugar, y el que nos interesa particularmente a nosotros, estas fórmulas se aplican a sistemas ideales. ¿A qué me refiero con ideal? Si bien ecuaciones como las de los ejemplos anteriores tienen en cuenta detalles como el rozamiento, la resistencia del aire y otra serie de variables, jamás van a poder contemplar la totalidad de variables que se presentan en las condiciones iniciales de un sistema. Vamos a dar dos ejemplos que se encuentran en los extremos y ello nos va a llevar a nuestra primera definición:

1) En la Naturaleza tenemos sistemas que se asemejan al comportamiento mecánico de un reloj. Ello implica que planteando una serie de condiciones Iniciales podremos saber cómo ese mismo sistema se va a comportar más adelante o como se comportó en el pasado, de una manera “casi” exacta. Un ejemplo claro de ello es el sistema planetario. Astrónomos pueden predecir un eclipse de Sol cientos de años antes de que ocurra con una asombrosa

certidumbre. La palabra casi, es la que introduce el concepto de Caos.

Veamos ahora el segundo ejemplo, el del otro extremo.

2) Seguramente todos han oído hablar del famoso “Efecto Mariposa” que dice algo así como: si una mariposa aleta en Tokio, bajo determinadas circunstancias esa onda que produjo el aleteo puede viajar, potenciarse y transformarse en un huracán en el Caribe.

Bueno, ambos ejemplos son los extremos de lo que se produce en la Naturaleza, el primero sumamente mecánico y predecible y el segundo que en principio parece regido solamente por el azar.

Vamos a ensayar ahora una definición, en primera instancia podríamos decir:

Los sistemas caóticos son aquellos que se encuentran afectados directamente por sus condiciones iniciales, transformándolos en el transcurso del tiempo en sistemas imposibles de predecir.

Vamos a seguir avanzando para llegar a una definición más contundente. Absolutamente todos los sistemas se encuentran afectados por sus condiciones iniciales, no hay duda en ello, lo que sí es importante destacar es lo que venimos hablando hasta ahora, esas condiciones afectaran a los sistemas de varias formas a lo largo de su evolución, haciéndolos crecer de una manera que podemos predecir o de otra que resultará caótica y difícil de prever. (Ver los dos ejemplos anteriores)

Antes de seguir, voy a dar más ejemplos de sistemas caóticos para fijar estas ideas.

- El clima meteorológico, no se puede predecir con razonable exactitud con más de una semana de anticipación. Y no siempre se acierta haciendo un pronóstico ese mismo

día, por más tecnología avanzada que se utilice. Esto se debe a la gran cantidad de variables que son precisas conocer.

- En la bolsa de comercio, un simple rumor sobre la suba o baja de acciones puede potenciarse a lo largo del tiempo y causar un efecto caótico. (Comparar con el ejemplo de la mariposa, como se potencia esa onda en el aire y como se potencia el rumor y cuáles son los resultados.)

- Hace aproximadamente 6 años la Tierra tardó en girar alrededor del Sol un segundo más de lo estipulado. Se cree que se debió en principio a las mareas. Ese segundo de más causará que en cientos de millones de años la Tierra pierda su órbita. (Para nosotros mucho tiempo, para la Naturaleza un tiempo razonable)

Entonces, vean como un simple detalle como un rumor, un segundo o el aleteo de una mariposa, puede causar a lo largo del tiempo que un sistema que parecía ordenado y afectado por leyes naturales exactas y deterministas, en un momento dado se Transforme en un sistema totalmente caótico y que al parecer está regido más por el azar que por la Naturaleza.

Resulta sumamente interesante e importante calcular esos puntos de inflexión donde un sistema pasa de ser ordenado a caótico.

Esto nos lleva a enunciar dos postulados importantísimos de la Teoría del Caos, los que considero imprescindibles que queden claro para cada uno de ustedes.

Para la Teoría del Caos, no existen sistemas ni 100% ordenados, ni 100% caóticos. Esta teoría acepta tanto el Orden como el Caos y los relaciona en una dualidad de la siguiente manera:

“En todo sistema ordenado, el caos siempre está presente o implícito”

“En todo sistema caótico, el orden siempre está presente o implícito”

Estos postulados son los que personalmente siempre me han llamado la atención y los que me han convencido de que esta Teoría es la que mejor describe los sistemas naturales, en conjunto con la Geometría Fractal.

Pero analicemos un poco que nos dicen y luego daremos tres ejemplos que se dan en la naturaleza y que son dignos de estudiar, los cuales nos llevarán a replantearnos una serie de cosas que hasta ahora creíamos sin meditar.

Imaginemos un sistema ordenado. Uno podría ser el que mencioné anteriormente, la Tierra girando armónicamente alrededor del Sol (sistema ordenado y predecible), y que en determinado momento se demora un segundo en cumplir el recorrido total en su órbita, lo que determina que será expulsada de la misma a lo largo del tiempo. (Consecuencias caóticas) De este ejemplo se desprende el primer postulado. En todo momento el sistema terrestre es ordenado, pero lleva implícito consigo mismo el caos, que va trabajando muy de a poco y silenciosamente y en un determinado punto se apoderará por completo del mismo y generará consecuencias insospechadas.

Veamos ahora un ejemplo para entender el segundo postulado:

En este caso debemos elegir un sistema totalmente opuesto al anterior. Que comience siendo caótico y derive en orden. Esto se estudia mucho en comportamientos sociales, así que aprovechemos a dar un ejemplo en este campo y luego veremos otros que se dan en la naturaleza que son más complejos.

Imaginemos varias empresas chicas, las cuales están en problemas financieros que las llevan a comportarse de una