

## Matemáticas y Cine: LA TEORÍA DEL CAOS

*Marta Martín Sierra, Facultad de Matemáticas de la Universidad de Oviedo.*

*Abel Martín, Profesor de Matemáticas del I.E.S. "Pérez de Ayala", de Oviedo.*

-----  
*Por culpa de un clavo, se pierde la herradura,  
 Por culpa de la herradura se pierde el caballo,  
 Por culpa del caballo, se pierde el jinete,  
 Por culpa del jinete, se pierde el mensaje,  
 Por culpa del mensaje, se pierde la batalla,  
 Por culpa de la batalla, se pierde el Reino.*  
 -----



Hacia 1960, el meteorólogo Edward Lorenz se dedicaba a estudiar el comportamiento de la atmósfera, tratando de encontrar un modelo matemático que permitiera predecir, a partir de variables sencillas (temperatura, presión, velocidad del viento...)

y mediante simulaciones con 12 ecuaciones con ordenadores de la época, el comportamiento de grandes masas de aire y así poder hacer predicciones climatológicas.

Lorenz realizó distintas aproximaciones hasta que consiguió ajustar el modelo a la influencia de tres variables que expresaban como cambian a lo largo del tiempo la velocidad y la temperatura del aire. El modelo se concretó en tres ecuaciones matemáticas, bastante simples, conocidas hoy en día como modelo de Lorenz.

Por diversas causas, en un momento determinado, sólo utilizó 3 números decimales en los datos de partida en vez de los 6 habituales. La sorpresa fue mayúscula pues los resultados le salieron totalmente diferentes: cualquier pequeña perturbación o error en las condiciones iniciales del sistema podía tener una gran influencia sobre el resultado final.

Esto convulsionó las ideas convencionales, que preveían unos resultados prácticamente iguales.

Medir una temperatura de 12 ° C en lugar de una exacta de 12.00000000000034 ° C parece un fallo insignificante, pero puede hacer que nuestros cálculos nos den lluvia para el día siguiente en lugar de sol.

A estos sistemas que no responden de forma lineal a cambios en las condiciones iniciales, sino que los resultados son impredecibles, se les denomina sistemas caóticos, y a su estudio la **teoría del caos**.

Lorenz intentó explicar esta idea mediante un ejemplo hipotético. Sugirió que imaginásemos a un meteorólogo que hubiera conseguido hacer una predicción muy exacta del comportamiento de la atmósfera, mediante cálculos muy precisos y a partir de datos muy exactos. Podría encontrarse una predicción totalmente errónea por no haber tenido en cuenta el aleteo de una mariposa en el otro lado del planeta. Ese simple aleteo podría introducir perturbaciones en el sistema que llevaran a la predicción de una tormenta. Y no es que la mariposa desencadene ella sola un huracán, sino que para estudiar un sistema caótico hay que tener en cuenta hasta las variables más insignificantes, ignorar a la pequeña mariposa nos puede llevar a errores de cálculo graves.

De aquí surgió el nombre de "**efecto mariposa**" que, desde entonces, ha dado lugar a muchas variantes y recreaciones.

Se denomina, por tanto, efecto mariposa a la amplificación 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.

*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. Sí, efectivamente son fenómenos sin orden aparente y cuyas leyes se nos escapan, pero en absoluto son fenómenos derivados del azar" - (Feigenbaum)*

El **CINE**, intentando ser siempre un reflejo de lo que está pasando en el mundo, tampoco fue ajeno a esta teoría. Hagamos un breve repaso por algunas películas y series de televisión que lo han tratado.

En **Parque Jurásico I (Steven Spielberg, 1993)**, uno de los personajes importantes representa a un matemático. Utiliza el concepto de la teoría del caos y sus implicaciones filosóficas para explicar el colapso de un parque de atracciones que tiene como espectáculo principal ciertas especies de dinosaurios recreadas artificialmente.



La expedición de científicos están visitando el parque, un poco contrariados porque no están viendo todo lo que quieren. El matemático porta cierto escepticismo:

- *El Tiranosaurus no obedece a un sistema fijo y de horario del parque, es la esencia del caos.*

- *No entiendo eso del caos. ¿Qué significa?*

- *Se trata de la imprevisibilidad en sistemas complejos. Se resume en el efecto mariposa. Una mariposa bate las alas en Pekín, y en Nueva York llueve en lugar de hacer sol. ¿Voy demasiado deprisa? Déme ese vaso de agua. Verá. El coche no para de saltar, pero no importa, sólo es un ejemplo. Ponga la mano plana como en un jeroglífico. Digamos que cae en su mano una gota de agua. ¿Hacia que lado irá? ¿Hacia el pulgar? ¿hacia el otro lado?*

- *¡No sé... hacia el pulgar!*

- *Bien, ahora quieta la mano, no se mueva, voy a hacer lo mismo, en el mismo sitio. ¿En qué dirección cree que irá?*

- *¡No sé... en la misma dirección!*

- *¡Ha cambiado!, ¿Por qué? Debido a pequeñas variaciones, a la orientación del vello de la mano, a la cantidad de sangre que dilata los vasos, a las imperfecciones de la piel... microscópicas, y nunca se repiten y afectan mucho al resultado... eso es... imprevisibilidad. Ve, nadie podría predecir que el Doctor Grant saltaría de pronto de un vehículo en marcha. He aquí otro ejemplo más. Y aquí estoy ahora mismo hablando sólo. Eso, eso es la teoría del caos.*

En la parte del capítulo especial que los Simpsons dedican a Halloween, en la sexta temporada, y que lleva por título **Tiempo y castigo (Jaundiced Jim Reardon, 1994)**, en su intento de arreglar una tostadora estropeada, Homer acaba convirtiéndola en una máquina del tiempo que ocasiona grandes cambios en su realidad. La idea de un presente que cambia por la muerte de un insecto prehistórico es satirizada, pudiendo llegar a ocasionar consecuencias imprevisibles, debido al efecto mariposa, a pesar del consejo de su padre:

- *Si alguna vez viajas a través del tiempo, procura no tocar nada,. Hasta el más mínimo cambio puede alterar el futuro, pero de una forma inimaginable.*



No debemos olvidar que unos cuantos guionistas de los Simpsons son Licenciados en Matemáticas, Física o Informática.

Una película española, **El efecto mariposa (Fernando Colomo, 1995)**, Con la teoría del caos como centro de la película, se dan algunas pinceladas de la misma y la banda sonora contiene una canción de Ketama dedicada al efecto mariposa.

Ya en el avión, Luis, el protagonista, directamente mirando a cámara, nos cuenta qué es el caos, entrecortado por comentarios de su madre que lo acompaña:

- *¿Qué es el caos? Sí, porque hablamos mucho del caos pero, realmente, ¿qué es el caos? Hasta ahora la ciencia lo explicaba todo, el universo estaba dominado por el orden y ya está, todos felices. Claro que la ciencia se olvidaba de pequeños detalles como... las formas de las nubes que cambian continuamente, o el caprichoso movimiento del humo, o la impredecible conducta del cerebro...*

*En los 70 algunos científicos empezaron a buscar un camino en el desorden de las cosas y descubrieron, por ejemplo, que pequeñísimas diferencias de entrada o input se transformaban en enormes diferencias de salida o output.*



*Bueno, esto científicamente se denominó "dependencia sensitiva de las condiciones iniciales" y familiarmente se bautizó como "el efecto mariposa". El efecto mariposa, es decir, el caos, entró en mi vida en Londres, en el verano más caluroso de los últimos 100 años.*

También se emitió la serie **Tru Calling (Jon Harmon Feldman, 2003)**. Los muertos son los



que le piden a Tru, la protagonista, volver a revivir el día en busca de un cambio de los sucesos acaecidos y poder modificar el futuro. Son cambios puntuales, lejos del "efecto mariposa".

En **El efecto mariposa (Eric Bress y J. Mackye Gruber, 2004)**, mediante los viajes a través del tiempo, la teoría del caos está presente en las acciones del protagonista, que intenta volver al pasado, en momentos muy puntuales, para modificar alguna variable, pero con consecuencias impredecibles y cada vez más nefastas..., por muy pequeño que sea ese cambio...

Para ello le basta a Evan, el protagonista, leer parte de los diarios que ha escrito. De esta forma vuelve a dicho instante. Por mucho que lo intenta, no es capaz de crear una realidad que les permita a él y a su entorno vivir felizmente.



Basada en un relato de Ray Bradbury, laureado maestro de la ciencia ficción, la historia de **El sonido del trueno (Peter Hyams, 2005)** arranca en el año 2055, en el centro de un Chicago modernizado pero todavía reconocible. Los avances tecnológicos permiten ahora viajar en el tiempo y, para los multimillonarios, contratar safaris a la prehistoria para cazar dinosaurios.



Pero la simple muerte accidental de una mariposa en el pasado producirá el "el efecto mariposa", nunca mejor dicho, y producirá grandes cambios en el futuro. La novedad es que esos cambios se producen en forma de oleadas, mediante ondas temporales.

En 24 horas la ciudad experimenta transformaciones asombrosas, mientras sus habitantes pasan de la curiosidad a una alarma creciente, y finalmente al pánico. Las plantas crecen hasta extremos nunca vistos, como si reclamaran su antiguo territorio tropical.

*- Cuando se cambia algo en el pasado el futuro no se ve afectado de inmediato, los cambios llegan en ondas, como cuando tiras una piedra a un estanque. Habrá más y cada vez más grandes -dice la doctora- todos los cambios en la evolución que alteraron llegarán con las ondas. Empezarán con el clima y la vegetación, las primeras manifestaciones de vida. Después llegará a los organismos más complejos...*

*- ¿Y qué ocurrirá con la última onda? - pregunta Travis.*

*- Nos tocará a nosotros y habrá que decir adiós. La última onda cambiará a la última especie en evolucionar: el homo sapiens.*

Llega luego el turno de los insectos, organismos velocísimos y voraces que se arrastran por todas las superficies en hordas mortíferas. Aparecen desconocidas especies depredadoras con forma de reptil que oscurecen los cielos e invaden un paisaje cada vez más hostil y aterrador.

En **El efecto mariposa 2 (John R. Leonetti, 2006)**, el protagonista vuelve a viajar a través del tiempo, tras la muerte de su novia Julie para así modificar alguna variable que cambie el futuro...

En este caso le bastará con mirar una foto para trasladarse en el tiempo, a ese justo instante.

No tiene la fuerza de las anteriores y los cambios se producen, sobre todo a nivel profesional.



**Babel (Alejandro González Iñárritu, 2006)**. Dos niños marroquíes, a los que el azar ha colocado un rifle en sus manos, prueban su puntería, pero a uno de ellos, para comprobar la distancia que alcanza la bala, se le ocurre disparar a un autobús de turistas, en el que viajan un matrimonio americano que está intentando amortiguar su crisis (Brad Pitt y Cate Blanchett), resultando gravemente herida la esposa. El hombre que les regaló esa arma es un alto ejecutivo japonés cuya mujer se suicidó y con una hija adolescente y sordomuda. Y a México va la asistente del matrimonio (Adriana Barraza), llevándose a los hijos del matrimonio que no pueden regresar a tiempo al estar herida la mujer. Quiere asistir a la boda de unos familiares y... ¿qué puede pasar?.



El disparo desencadena una serie de acontecimientos fortuitos, como la de la teoría del caos, que servirá para conectar a estos grupos de personas, dispersos por el mundo.

En la serie **Day Break (Paul Zbyszewski, 2006)**, el detective Brett Hopper vive el mismo día una y otra vez, intentando modificar el futuro que ya conoce...

Cada capítulo coincidirá con un nuevo intento, pero deberá tener mucho cuidado con todas las decisiones que tome ya que, por mínimas que sean, pueden tener consecuencias... ventajosas o desastrosas... aunque nuestro protagonista, desconocedor de la teoría del caos y del efecto mariposa, no pretende hacer ligeros cambios que modifiquen el futuro, sino todos los cambios necesarios que puedan encauzar su vida y la de su entorno.



Para completar o ampliar el tema no tienes más que visitarnos en:

[www.aulamatematica.com](http://www.aulamatematica.com)

en la sección de MATEMÁTICAS Y CINE, donde también podrás visitar las exposiciones itinerantes que estamos realizando a lo largo de España e incluso fuera de la misma.

