

¿POR QUÉ SE EQUIVOCA TANTO EL HOMBRE DEL TIEMPO?

Hay cierto anuncio por la televisión (de compresas, para mas señas), en el que una chica pregunta con cara sorprendida ¿por que se equivoca tanto el hombre del tiempo?, como si los pobre meteorólogos no pusieran interés en su trabajo, etc.

El problema es que tratamos todos los días con el tiempo. La gente lee en los periódicos que está calculados todos los eclipses posibles en varios miles de años, que están calculadas todas las trayectorias de numerosos cuerpos celestes con una precisión muy alta, etc. Luego, ¿como es posible que no puedan calcular si va a llover mañana o no?.

Las ecuaciones que rigen el tiempo en cualquier parte del mundo están perfectamente calculadas: son ecuaciones con variables tales como temperatura, presión atmosférica, humedad relativa del aire, velocidad del viento, etc. Todas estas variables se funden en un conjunto de ecuaciones mas o menos complejas y que con potentes ordenadores es factible resolver. Pero sigue habiendo un margen alto de errores en predicciones meteorológicas que vayan mas allá de unos pocos días. ¿Cual es la razón?.

La razón es que las ecuaciones que rigen el tiempo forman un sistema caótico. Un sistema de ecuaciones es caótico cuando una pequeña variación en las condiciones iniciales, produce un resultado totalmente diferente en la solución del problema. Para calcular el tiempo que hará mañana, necesitamos, evidentemente, saber como está el tiempo el día de hoy. La temperatura en este instante será un valor inicial que habrá que introducir en las ecuaciones para saber el tiempo que hará mañana.

Vamos a ver esto muy bien con un ejemplo muy sencillo:

Supongamos que tenemos el sistema de ecuaciones lineales en dos variables:

$$\begin{aligned}5x+7y&=0.7 \\ 7x+10y&=1\end{aligned}$$

Si resolvemos este sistema de ecuaciones lineales, obtenemos las soluciones

$$x=0, y=0.1$$

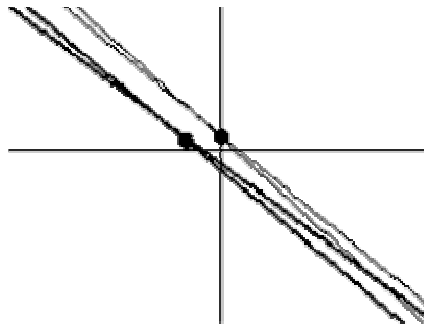
Vamos a perturbar un poco el sistema, es decir, vamos a poner un sistema de ecuaciones que varíe muy poco respecto al anterior. El sistema es:

$$\begin{aligned}5x+7y&=0.69 \\ 7x+10y&=1.01\end{aligned}$$

Hemos variado en 0.01 la suma de las dos ecuaciones con respecto a las ecuaciones originales. Es de esperar que una variación tan pequeña en las ecuaciones hará que la diferencia entre las soluciones sea también pequeña. Sin embargo, si resolvemos este último sistema de ecuaciones veremos que las soluciones son:

$$x = -0.17; y = 0.22$$

que se diferencian en bastante mas que la perturbación que hemos causado. Esto sucede así porque el sistema no es estable o está mal condicionado. Mirando la siguiente gráfica se adivina fácilmente por qué sucede esto:



Se han exagerado las proporciones para apreciar mejor los detalles. Las rectas mas finas corresponden al primer sistema de ecuaciones, y las mas gruesas al segundo. Señalados con un punto negro están las soluciones de ambos sistemas.

La diferencia tan grande entre las soluciones ocurre porque las pendientes de las gráficas son muy parecidas, por tanto, cualquier mínima variación en las dos rectas hace que varíe mucho el punto de intersección.

Cuando resolvemos las ecuaciones que rigen el tiempo, ocurre algo parecido, una mínima variación en los datos iniciales hace que varíe mucho el resultado. Se podría pensar que esto se solucionaría siendo mas precisos en la toma de los datos iniciales: por ejemplo, midiendo la temperatura con una gran precisión: el problema es que nunca medimos la temperatura con una precisión absoluta: usamos aparatos tales como termómetros, etc., y siempre tenemos un margen de error. Este margen de error puede ser suficiente para obtener un resultado diametralmente opuesto.

Esta peculiaridad de los sistemas caóticos se conoce como "el efecto mariposa", ya que se afirma que el aleteo de una mariposa en Hong-Kong (es decir, una perturbación muy pequeña) puede hacer que esta tarde llueva en Londres.