

Por qué nos equivocamos al predecir el tiempo: La predicibilidad de la atmósfera (y II)

RAM

¿Hasta que punto la atmósfera y, por lo tanto, el tiempo es predecible? ¿Podremos construir modelos perfectos que nos permitan predecir el tiempo a 10, 20 días o más? ¿Es un problema de potencia y rapidez de los superordenadores?. Antes de responder a estas preguntas os remitimos a números anteriores de la revista RAM donde hemos dedicado varios trabajos a temas parecidos al que vamos a tratar aquí y que son también muy importantes. Son estos:

- **¿ Por qué se equivocan los hombres del tiempo? RAM-2 de Junio del 2002**
- **¿ Por qué los modelos de predicción del tiempo se equivocan (I)? RAM-5 de Noviembre del 2002**

Lo que planteamos aquí no es ni más ni menos que: ¿es predecible el comportamiento de la atmósfera y, por lo tanto, de su tiempo asociado? o ¿realmente con los medios que disponemos no podemos llegar hasta un determinado grado o periodo de predicción?, ¿existirá un día en que las predicciones sean perfectas?.

Todos sabemos que los modelos actuales, digamos los globales para fijar ideas, tienen cierta habilidad para predecir el tiempo atmosférico a varios días vista, 2, 3, 4, y hasta 10 días. A medida que nos alejamos en el plazo de predicción, los modelos se alejan de lo que va acontecer realmente y muchos nos hemos frustrados por la mala predicción que nos ha estropeado un fin de semana en la playa o montaña, nuestras fiestas patronales, las salidas deportivas sensibles al tiempo, etc.. Otras veces las predicciones numéricas si se han ajustado a lo que aconteció en realidad.

A la pregunta ¿por qué fallan los modelos?, tratamos de responder en la RAM 5 de Noviembre del 2002, al porqué fallan los hombres del tiempo, también respondimos en la RAM-2 de Junio del 2002.

Determinismo frente a probabilismo científico

La historias de la Meteorología esta unida al de la Ciencias Naturales y ramas a fines, como es la Física. Muchos científicos del siglo XIX apuntaban que la Física, o cualquier otra ciencia que estuviera gobernada por formulas matemáticas o leyes físicas precisas y exactas, podría cumplir este axioma: **Una inteligencia suprema que conociera las ecuaciones de evolución del universo, podría, a partir de unas condiciones iniciales dadas, reproducir exactamente el estado futuro de dicho universo. Tan solo se necesitaba conocer esas leyes y el estado inicial de partida.**

Esta idea se basa en las leyes deterministas y newtonianas que inundaron el saber del siglo XIX. La astronomía fue el ejemplo prototipo de esta idea: era posible conocer con mucha exactitud la posición futura de los astros, partiendo de las leyes gravitacionales (deterministas) y de la posición exacta de ellos en un instante determinado. Estas ideas se extendieron por las ramas del saber científico y, rápidamente, se pensó que la predicción del tiempo meteorológico era cuestión de tiempo cronológico: llegará un día en que, conocidas las ecuaciones de evolución de la atmósfera y partiendo de unas condiciones iniciales dadas, se podría adelantar o prever el estado futuro de ella.

En los años 30 y 40 del siglo XX, la mecánica cuántica y sus leyes probabilísticas, aplicadas a las pequeñas partículas de la materia, átomos, electrones, protones,..., dieron un vuelco a las ideas deterministas. El concepto probabilístico comenzó de nuevo a tener su peso. No era posible conocer con exactitud la posición, por ejemplo, de un electrón girando en torno al núcleo de un átomo. Se hablaba de la función de probabilidad de posición de las partículas subatómicas.

Rápidamente surgieron voces de los físicos deterministas argumentando que los conceptos de probabilidad cuántica sólo se podían aplicar al mundo microscópico de las partículas atómicas y subatómicas. Las leyes y la física determinista estaban arraigadas al mundo macroscópico y a los sistemas físicos "grandes". Muchos meteorólogos pensaron que la atmósfera era un sistema macroscópico y que las leyes deterministas podrían aplicarse de la misma manera que se aplica a la astronomía. A primeros del siglo XX esa era la idea que, en términos generales, reinaba en la comunidad científica meteorológica, aunque algunas voces discordantes comenzaron a aparecer.

En 1921 un meteorólogo inglés, Dobson, realizó estudios sobre vientos en superficie, gradientes de presión, etc.. y observó que pequeñas variaciones en la distribución de presión podría provocar cambios en los vientos. Él pensó que sería difícil de corregir errores de presión y sus consecuencias en el futuro. En 1951 Graham Sutton (futuro director de la Meteorological Office) argumentó que el comportamiento de la atmósfera, en sí misma, era impredecible: pequeñas influencias aleatorias podían tener efectos tremendos en la evolución posterior.

Philip Thompson, en 1957, fue el primero en estudiar **la predicibilidad de la atmósfera mediante los modelos** numéricos. Pensó que la incertidumbre de predecir el tiempo podía venir o de las limitaciones humanas de observar y modelizar la atmósfera o de la propia predicibilidad de un sistema tan complejo como era la atmósfera. Thompson fue el primero en introducir el concepto de predicibilidad. Él usó este concepto para describir las consecuencias de la sensibilidad de los modelos numéricos a los errores en las condiciones iniciales. Argumentaba que, **ya que los errores de medida son inevitables, los errores de predicción también son inevitables y por lo tanto la atmósfera tenía una predicibilidad limitada.**

La cuestión de la predicibilidad del tiempo radicaba en la imposibilidad de conocer con precisión el estado inicial de partida del sistema atmósfera. Como este hecho iba a estar limitado siempre, la predicibilidad del tiempo es limitada.

El trabajo de Thompson se vio eclipsado por el "boom" que produjo la llegada de los modelos numéricos de predicción. Muchos pensaban que era cuestión de tiempo la mejora de las observaciones, ordenadores superpotentes y métodos numéricos más precisos para resolver las ecuaciones de evolución atmosféricas. Llegaría el tiempo en que la predicción de la atmósfera seguiría los pasos deterministas de la astronomía, donde la posición de los astros se prevé de una forma casi perfecta.

La llegada de la modelización del tiempo por métodos numéricos no hizo más que abrir muchos campos y horizontes en la meteorología moderna. Uno de ellos estaba destinado a revolucionar la predicción del tiempo con la llegada y utilización de las predicciones probabilísticas.

E. Lorenz en los años 60s se dio cuenta, mediante modelizaciones numéricas, que **el límite de predicibilidad del tiempo estaba ligado inherentemente al propio sistema a predecir: la atmósfera.**



El "efecto mariposa" representa el ejemplo conceptual de los sistemas caóticos. Estos sistemas son altamente sensibles a las condiciones iniciales de partida e impredecibles intrínsecamente: " el batir de las alas de una mariposa en un área del mundo (China , Brasil,.. por ejemplo) puede causar un tornado en norte América".

Lorenz profundizó en sistemas matemáticos-físicos que gobernados por unas ecuaciones no lineales evolucionaban de forma aparentemente aleatorias y erráticas. Estos sistemas eran tremendamente sensibles a las condiciones iniciales de partida. Las ecuaciones que gobiernan a la atmósfera (perfectamente definidas) cumplían los requisitos expuestos por Lorenz: **la evolución del sistema estaba fuertemente condicionada por los valores iniciales de partida**. O lo que es lo mismo, **dado un conjunto de condiciones iniciales muy, muy próximas entre sí, las evoluciones desde cada uno de los puntos de partida eran tales que con el tiempo divergía**. **A este tipo de sistemas se les llaman caóticos**. (El caos, en esta acepción, no es sinónimo de desorden o ausencia de ecuaciones que gobiernan a un sistema).

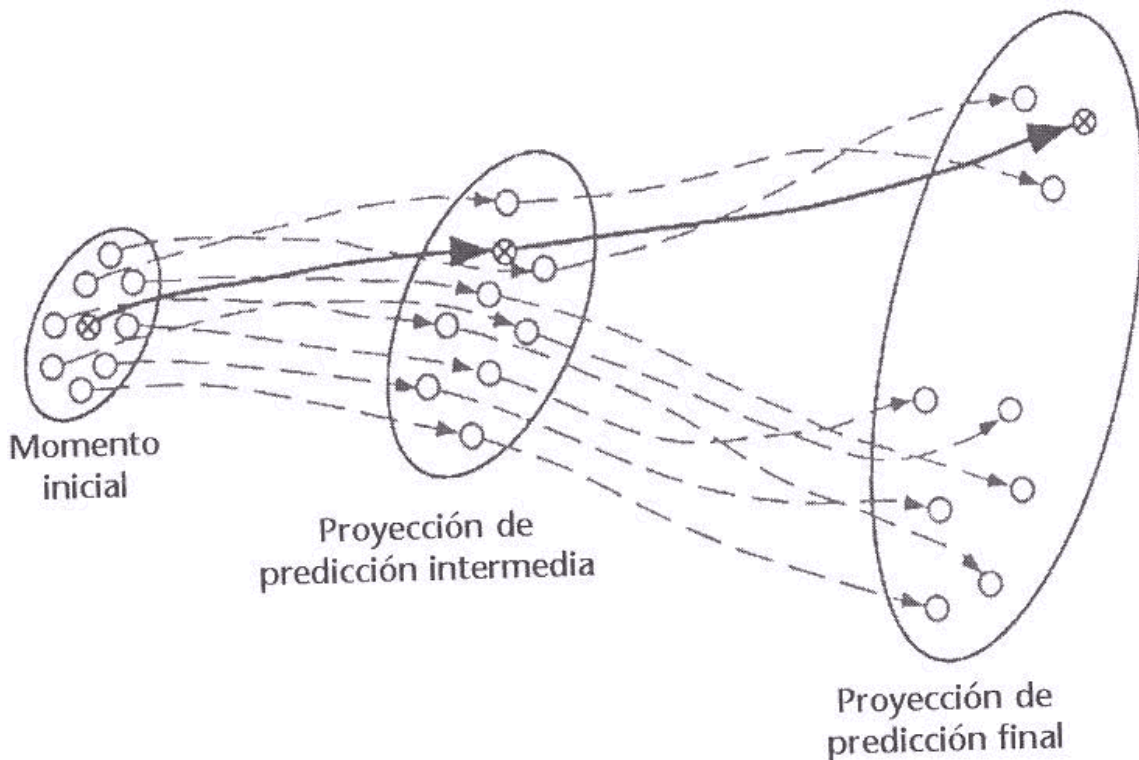


Imagen conceptual de la evolución de un sistema caótico, como es la atmósfera. La trayectoria gruesa representa la evolución real de la atmósfera con puntos de partida inicial y final, círculo-aspas. Partiendo de puntos próximos, que representen el estado inicial de la atmósfera, los estados evolutivos futuros divergen con el tiempo alejando se del estado final. Otros pueden estar próximos a él.

La nueva perspectiva que introducía Lorenz era y es completamente diferente a la de Thompson. **El carácter o límite de la predicibilidad de la atmósfera es una propiedad intrínseca a ella misma** y no a la falta de conocimiento de las condiciones iniciales.

De la misma manera que la modelización del tiempo supuso una expansión sin precedentes en la ciencia meteorológica, la nueva rama numérica de la meteorología abrió las puertas al concepto de la predicibilidad del tiempo atmosférico y de las predicciones probabilísticas (o no deterministas).

En los años 70, Lorenz , y otros eminentes científicos, demostrarían que la imposibilidad de hacer predicciones exactas no era cuestión de las limitaciones inherentes a las observaciones discretas, ni a las limitaciones de las técnicas numéricas, ni a las limitaciones de nuestro saber. Realmente era un problema del carácter caótico de la atmósfera y su tiempo asociado. Los límites de la predicibilidad exacta del tiempo fueron establecidos en el orden de algo más de una semana (10 - 15 días).

Las nuevas perspectivas que introducía la predicibilidad limitada de la atmósfera, y en general de los sistemas caóticos, saltó al mundo teórico de las matemáticas, biología, y de otras ramas del saber, e incluso de la lengua.

Hoy en día las ideas sobre sistemas caóticos es una realidad asentada en la vida de la predicción meteorológica. La idea de realizar predicciones exactas y deterministas a varios días vista está superada y las predicciones probabilísticas a medio plazo son ya una realidad operativa mediante la predicción por conjunto. La predicción de tiempo es ante todo probabilística, cualquier enfoque único y determinista esta llamado, hoy por hoy, al error, al fallo pues no contempla el carácter caótico de la atmósfera.

ram@meteored.com