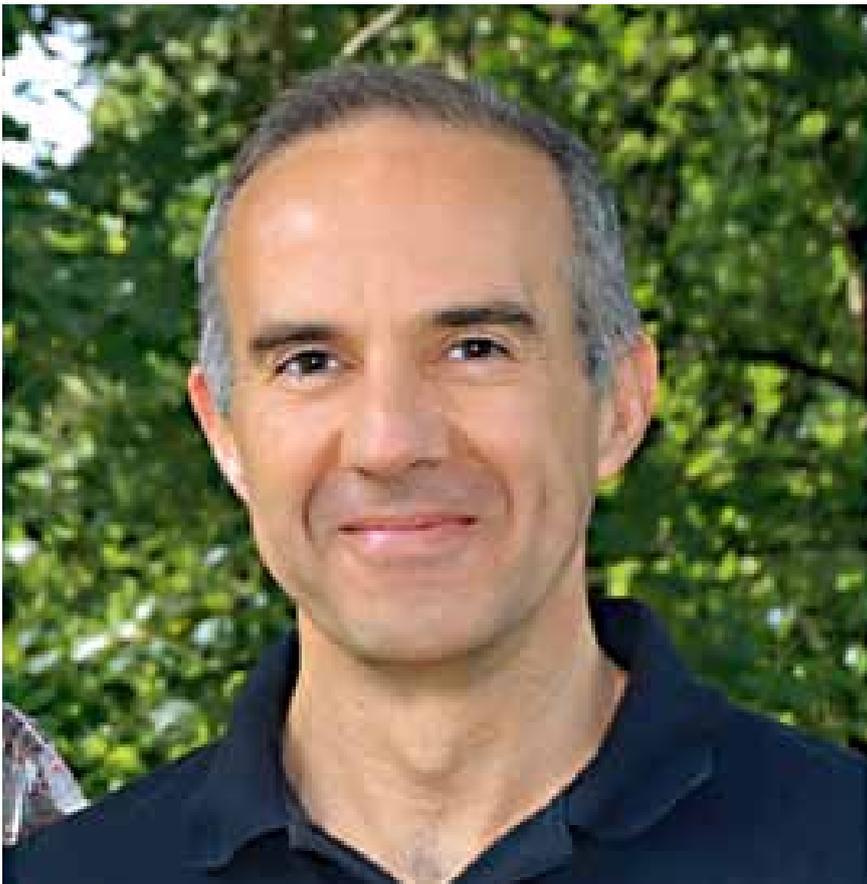


Perfiles Eduardo Zorita

CLIMATÓLOGO ESPAÑOL DE PROYECCIÓN INTERNACIONAL

POR JOSÉ ANTONIO LÓPEZ DÍAZ



Eduardo Zorita (Madrid, 1961) estudió Ciencias Físicas en la Universidad de Zaragoza, obteniendo el grado de doctor en la especialidad de Física del Estado Sólido en 1988. Posteriormente trabajó como colaborador científico durante varios años en el Instituto Max Planck de Meteorología en Hamburgo y en el Laboratorio de Oceanografía Dinámica y Climatología de la Universidad Pierre & Marie Curie en París. Seguidamente, en 1996, regresó a Alemania al *Helmholtz-Zentrum Geesthacht* (en aquel entonces llamado Centro GKSS), donde ha permanecido desde entonces. Durante este tiempo ha intercalado estancias cortas en la Universidad de Seattle y en la Universidad de Estocolmo.

La investigación de Eduardo Zorita se ha centrado en el análisis estadístico de la variabilidad climática a escalas decenales y seculares, tanto a partir de observaciones como de simulaciones con modelos climáticos. Su área de investigación más reciente es el clima de los últimos milenios, la identificación de la variabilidad natural a escala secular y regional, y el análisis de los métodos estadísticos para reconstruir el clima a partir de registros "proxy".

Actualmente es editor en las revistas *Wiley Environmental Reviews Climate Change*, *Climate of the Past*, *Journal of Climate Research*, y colabora en el blog *Die Klimazwiebel* (<http://klimazwiebel.blogspot.de/>). Fue Contributing Author en el cuarto informe del IPCC en 2007 en el capítulo dedicado a "Comprendiendo el cambio climático".

Más información puede obtenerse en su página de internet <http://coast.hzg.de/staff/zorita/>

Eduardo, tú te has dedicado mucho al análisis de la variabilidad natural del clima en distintas escalas temporales. ¿Cómo valoras el papel de esta variabilidad en el contexto del cambio climático antropogénico?

Dentro del concepto de variabilidad natural debemos distinguir entre las variaciones causadas por factores externos, como es la actividad solar, y las variaciones aleatorias producidas por el carácter no lineal del sistema climático. Los posibles cambios en los factores externos naturales solamente podrían modificar ligeramente el cambio climático antropogénico durante un corto periodo de tiempo, por ejemplo la presente pausa en el aumento de las temperaturas globales podría ser debida en parte a un sol más débil. A más largo plazo, dado que el forzamiento antropogénico será mucho más grande que los cambios en los forzamientos naturales, los factores naturales apenas deberán tener influencia a escala global. A escala regional, la variabilidad interna sí puede tener un papel fundamental y claramente

modificar la señal antropogénica, incluso a escalas de tiempo de varias décadas. Ese factor complica bastante la predicción del clima a escala regional, por ejemplo los cambios en la precipitación en el área mediterránea, dado que la variabilidad interna es hoy por hoy intrínsecamente impredecible.

¿Crees que tenemos un conocimiento suficiente de la misma, cuáles son las principales lagunas que debemos afrontar?

El conocimiento de la variabilidad interna muestra lagunas todavía muy importantes. La variabilidad interna no puede observarse directamente porque el sistema climático siempre está afectado por los factores externos simultáneamente, de forma que las inferencias sobre variabilidad interna son indirectas. Las simulaciones climáticas sí pueden proporcionar estimaciones de la amplitud de la variabilidad interna, pero los modelos evidentemente no son la realidad. Hay fuertes indicios de que los modelos climáticos producen una variabilidad interna demasiado débil, sobre todo a escalas temporales largas. Esto podría tener como consecuencia que parte del calentamiento global observado en el siglo XX pudiera haber sido debido a la variabilidad climática interna. Sin embargo, también hay que subrayar que no hay teorías contrastadas que describan con exactitud suficiente qué procesos físicos pueden estar causando esta variabilidad interna, ni qué estructura espacial presentarían, de forma que por lo pronto esta sería solamente una hipótesis de trabajo.

Las simulaciones con modelos deben ser validadas comparando con el clima "real".

Sí, evidentemente. Y por desgracia para los climatólogos, todavía existen grandes diferencias entre el clima observado y el clima simulado. La mayoría de los modelos climáticos que se usan para los informes del IPCC tienen muchas dificultades para simular la temperatura media global anual con una precisión mayor a 1 ó 2 grados centígrados. A escalas regionales, las diferencias pueden ser fácilmente de varios grados centígrados. Evidentemente, estos sesgos afectan a muchos procesos de retroalimentación, como el vapor de agua en la atmósfera o la banquisa marina. Aunque se podría argumentar que aun así los modelos son capaces de simular los cambios climáticos, no deja de ser preocupante que estos mismos modelos sean incapaces de simular la variable observada más importante con la precisión requerida.

Sin embargo, en este punto debemos hacer una distinción importante. Por un lado tenemos la existencia del forzamiento antropogénico debido al aumento de los gases de invernadero, que es incuestionable. Por otro, está nuestra capacidad para estimar con la precisión adecuada los posibles cambios climáticos asociados a ese forzamiento, que en mi opinión, es todavía muy limitada. Queda todavía mucho trabajo por hacer en este sentido.

Háblame de la problemática de la calibración de modelos en "ensembles", del papel de la variabilidad natural, ...

Como he mencionado antes, los modelos climáticos no son perfectos, pero tampoco se sabe muy bien cuál es el mejor camino para mejorarlos. La estrategia que se sigue actualmente es utilizar muchos modelos para obtener no solo una proyección sino un rango de proyecciones climáticas que represente nuestra incertidumbre. Sin embargo, el concepto científico de 'ensemble' de modelos no está totalmente claro. Tradicionalmente, las teorías científicas han competido entre sí hasta que la evidencia experimental ha apoyado unas y hecho desear otras. En el caso de los modelos climáticos este proceso es mucho más difícil porque es prácticamente imposible realizar experimentos climáticos, y la evidencia empírica se limita esencialmente a observaciones 'pasivas'. Actualmente es muy difícil desechar un modelo en particular porque no concuerda con las observaciones. Unos representan mejor la temperatura, otros la precipitación, otros la cubierta nubosa etc. Desde un punto de vista estricto, deberíamos rechazar por deficientes casi todos, o todos, los modelos climáticos.

Por otra parte, necesitamos una estimación de las consecuencias del aumento de gases de invernadero antropogénico, y la única forma de obtenerla es utilizando modelos que sabemos que son imperfectos. Es una situación relativamente nueva en las ciencias naturales, pero bastante común en las ciencias económicas, por poner un ejemplo. Existen muchos modelos económicos, ninguno perfecto, con los que se producen un conjunto de predicciones económicas, que los agentes económicos consideran bastante útiles. Sin embargo, si consideráramos las predicciones de un modelo en particular siempre encontraríamos que son imperfectas.

El uso de conjuntos de modelos, a veces contradictorios entre sí, abarca en sí mismo una cuestión epistemológica interesante, no simplemente relacionada con la 'realidad objetiva', sino también con la forma de representar nuestro conocimiento de la realidad.

Podríamos entonces decir que con los modelos disponemos de un conocimiento más o menos fiable de aspectos parciales, pero para el sistema global con su enorme complejidad sólo podemos combinar de forma un tanto tosca los aspectos parciales. Esto recuerda bastante la situación en mecánica cuántica, donde del sistema sólo podemos extraer información precisa de "observables" concretos, pero no del conjunto, según el principio de incertidumbre de Heisenberg. ¿Habrá quizá que asumir, análogamente, límites infranqueables para el conocimiento global del clima del futuro?

En mi opinión, el campo de la modelización climática se encuentra actualmente en un estado de cierta desorientación. Por una parte, está claro que los modelos, a pesar de poder reproducir, a veces sorprendentemente bien, muchos aspectos del clima glo-

Perfiles Eduardo Zorita

bal, presentan todavía muchísimas deficiencias, algunas de ellas flagelantes. Por ejemplo, la mayoría de los modelos no pueden reproducir la temperatura media anual promediada globalmente, que es la variable climática por excelencia. El sesgo puede ser del orden de 2 grados. A escala regional, los errores sistemáticos pueden ser mucho más grandes. Es conocido que las temperaturas de la superficie del mar en las cuencas orientales de las zonas tropicales son especialmente difíciles para los modelos. El promedio de todos los modelos puede presentar un error sistemático de 4 o 5 grados centígrados en estas zonas. El problema es particularmente relevante porque en estas regiones es donde están presentes los estratocúmulos que se forman en la capa baja de la troposfera y que tienen una influencia muy grande en el balance radiativo global. Este tipo de errores sistemáticos han estado presentes en todas las generaciones de modelos y no han podido reducirse. Estas y otras deficiencias también relacionadas con la microfísica de nubes representan un obstáculo muy importante para una correcta simulación del clima. La respuesta hoy por hoy es intentar aumentar la resolución espacial de los modelos, pero sin un objetivo claramente predeterminado. Es, por así decirlo, un poco la esperanza de que mayores resoluciones resuelvan todas estas dificultades, cuando quizás lo que deberíamos intentar es pensar más sobre los orígenes de las deficiencias en los modelos

¿Cómo describirías la especificidad de la variabilidad climática en el área mediterránea?

La verdad es que apenas he trabajado en el clima del área mediterránea, un sistema complejo porque ejemplariza la interacción de varios subsistemas: la atmósfera, el océano, la corteza terrestre con gran influencia de la vegetación y de los recursos hídricos, y sin olvidarnos de la acción humana que ha modificado fundamentalmente el estado natural de estos subsistemas, y aquí no me refiero al efecto invernadero sino, por ejemplo, a cambios en la estructura del suelo y de la costa desde hace milenios. El área mediterránea está muy intensamente poblada y esta población depende críticamente de recursos hídricos limitados. Al mismo tiempo, está situada en una zona climática de gran variabilidad pluviométrica. Cualquier cambio en la frecuencia, duración o intensidad de sequías - sea por causas naturales o antropogénicas - tendrá amplias repercusiones sociales.

Eduardo, quizá hayas tenido tiempo de valorar el último informe del IPCC, el quinto. ¿Qué novedades señalarías respecto del AR4 en tus áreas de trabajo?

Todavía no he podido leer con detalle todo el informe del Grupo I, que es el que es accesible en diciembre de 2013. Los capítulos a los que he dedicado más tiempo me parecen bastante buenos, especialmente el capítulo dedicado al paleoclima y el capítulo dedicado al nivel del mar. En ambos se advierte la



En una campaña de muestreo dentro-climatológico en el parque nacional de Garajonay en la isla de La Gomera en 2008. La laurisilva resultó ser demasiado joven como para ser útil para reconstrucciones paleoclimáticas.

voluntad de los autores de representar sin exclusiones los distintos puntos de vista existentes en la comunidad científica, algo que quizá en el informe AR4, y sobre todo en el anterior informe TAR, a veces no se consiguió de forma satisfactoria. Sobre el resumen para los 'responsables políticos' (SPM), sin embargo, no tenía una opinión tan positiva, hasta que en esta

“En mi opinión, el campo de la modelización climática se encuentra actualmente en un estado de cierta desorientación”

ocasión uno de los autores tuvo la amabilidad de explicarme un aspecto fundamental de este documento, que anteriormente no había entendido correctamente: el Resumen no es un documento científico, sino que es más bien una especie de declaración de los gobiernos, apoyada por la evidencia científica contenida en el cuerpo del informe. Siendo el Resumen un documento que más bien pertenece al área de la diplomacia internacional, aunque contemple la base científica contenida en el informe, debe interpretarse entonces de forma diferente.

Las situaciones de bloqueo en la atmósfera son difíciles de simular por los modelos climáticos hasta ahora. Valoración, relación con extremos climáticos, perspectivas a la luz del AR5...

Las situaciones de bloqueo no es un tema en el que yo sea particularmente experto, así que para evitar decir alguna falsedad, prefiero pasar a la siguiente pregunta.

¿Cómo valoras el estancamiento del calentamiento de los últimos años, cómo pone en cuestión la fiabilidad en las proyecciones climáticas, posibles explicaciones,...

El estancamiento tiene varias facetas que, aunque están relacionadas, conviene diferenciar. Una cuestión es el origen físico del estancamiento. Existen varias hipótesis de trabajo, pero se necesitara todavía tiempo para identificar cuál o cuales son realmente las correctas. Podría deberse a una variabilidad natural de mayor amplitud de lo que se creía hasta ahora, debida a la difusión de calor en las capas más profundas del océano, o a la variabilidad de la circulación atmosférica. Por ejemplo, el estancamiento es mucho más acusado en la estación invernal del hemisferio norte en Eurasia. Esta particularidad podría indicar que la circulación atmosférica tiene un papel importante. El estancamiento también podría ser debido a una sensibilidad climática menor. Independientemente de la causa, otra faceta diferente es la capacidad de los modelos climáticos para simular estas fases de estancamiento. Parece que los modelos actuales tienen muchas dificultades para ello, de forma que aunque el estancamiento no sea una indicación de que la sensibilidad climática sea pequeña, o que incluso sea debido a una cobertura deficiente de la red de observaciones, hay evidentemente un desacuerdo entre modelos y observaciones que hay que explicar. Si la explicación final indica que este desacuerdo es debido a una representación deficiente de la variabilidad natural, las proyecciones a largo plazo no se verían afectadas, pero si la explicación es que los modelos sobrestiman la sensibilidad climática, entonces evidentemente las proyecciones deberán ser revisadas. El problema es que se necesita tiempo para identificar la causa real, y mientras dura esta labor científica, es bastante inútil dar por sentada una de las hipótesis de trabajo que a cada cual nos gusta más por nuestras ideas preconcebidas. Para mí el estanca-

miento es sobre todo una indicación de que existen todavía muchos aspectos en los modelos climáticos que hay que mejorar.

Principales incertidumbres sobre el cambio climático.

Yo me referiría a tres incertidumbres principales. Una está relacionada, como dije anteriormente, con la microfísica de las nubes ¿Cómo afectará el aumento de las temperaturas a la cubierta nubosa y a las propiedades radiativas de las nubes? Estos cambios podrían a su vez acelerar el calentamiento o relativizarlo, y de forma sustancial en las dos direcciones, de forma que hasta que no se pueda predecir con más exactitud cómo van a reaccionar las nubes, no podremos ofrecer proyecciones de cambio climático más ajustadas.

La segunda incertidumbre se refiere a las capas de hielo polar ¿Cómo cambiará la dinámica de las masas de hielo con temperaturas más altas? Los modelos actualmente son todavía muy imprecisos y debido a la falta de observaciones que cubran un periodo de tiempo más largo, es muy difícil verificar si los modelos incluyen los procesos más importantes. La tercera incertidumbre se refiere al cambio climático a escala regional, que en definitiva es el que va a influir en el impacto que el cambio climático pueda tener en la sociedad y en los ecosistemas. Un aumento de la concentración de dióxido de carbono tiene por fuerza que producir un aumento de la temperatura global - para llegar a esta conclusión no se necesitan modelos climáticos - pero la cuantificación del cambio térmico regional y sobre todo de elementos distintos de la temperatura, como la precipitación o el viento, es extraordinariamente difícil, de forma que hoy por hoy predecir los impactos regionales del cambio climático es un ejercicio de adivinación.

Retos más urgentes en la ciencia del clima en tu opinión.

Se podrían mencionar varios retos urgentes, y algunos estarían relacionados con mis respuestas anteriores - nubes, clima regional, capas de hielo - pero aquí me permitiría mencionar un reto más general referido a los mismos climatólogos. Quizá deberíamos volver a dedicar más esfuerzo a intentar comprender el clima, en vez de, como se ha convertido en una moda actual, a simular el clima cada vez con más resolución, con más modelos, con más simulaciones, con ordenadores cada vez más potentes. A pesar del aumento en los recursos de los que disponemos, el progreso es muy lento. Actualmente tenemos montañas de datos de simulaciones que son difíciles de interpretar. Deberíamos intentar entender por qué algunos modelos son mejores que otros y por qué todos muestran errores sistemáticos importantes.

Muchas gracias Eduardo por el tiempo y esfuerzo que has dedicado a esta entrevista, que seguro será de gran utilidad para los estudiosos del clima y aquellos interesados en el clima en general.