

AEMET Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

Ricardo GARCÍA HERRERA
Presidente de AEMET

1. INTRODUCCIÓN

La Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) ha experimentado desde su creación a partir del antiguo Instituto Nacional de Meteorología (INM) una redefinición de sus responsabilidades. Las actividades de AEMET respecto al cambio climático amplían las tradicionales tareas del INM en materia de observación y estudios relativos al clima de España, como consecuencia del reconocimiento explícito de la rápida evolución del clima debida a causas fundamentalmente antropogénicas. Las nuevas actividades desarrollan el mandato recogido en los propios estatutos de AEMET relativo al apoyo a las políticas medioambientales. Además se encuadran en el marco del Plan Nacional de Adaptación del Cambio Climático (PNACC) del MMA aprobado en 2006. El PNACC establece el marco general de referencia para las actividades de evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático. Como el conocimiento detallado de las condiciones climáticas actuales y la estimación de las proyecciones climáticas en nuestro país son elementos imprescindibles para la puesta en funcionamiento del PNACC, se asignó a AEMET la misión de generar escenarios de cambio climático regionalizados para España utilizando tanto sus propios recursos como coordinando los esfuerzos de grupos de investigación activos en este campo.

Según el 4º Informe de Evaluación (AR4) del IPCC (2007), el calentamiento del sistema climático es inequívoco, tal y como se evidencia por el aumento de las temperaturas medias globales del aire y del océano, la fusión generalizada en las regiones cubiertas por hielos y nieve y el aumento del nivel del mar. También se observan a nivel continental y regional cambios que afectan a la precipitación, a los patrones de viento y a los extremos meteorológicos incluyéndose entre éstos cambios en las frecuencias de episodios de sequías, de precipitaciones intensas, olas de calor, etc. La Organización Meteorológica Mundial (OMM), reconociendo estos cambios en el clima que afectan a distintas escalas temporales (desde las estacionales a las seculares) y la madurez desde el punto de vista científico de la modelización en dichas escalas, promovió la potenciación de las capacidades de los servicios meteorológicos en el seguimiento del clima (OMM, LX Consejo Ejecutivo, 18-27 junio 2008) para mejorar la gestión de los riesgos asociados a la variabilidad y cambio climáticos. Consecuencia de ello fue la convocatoria de la Tercera Conferencia Mundial sobre el Clima (WCC-3, de sus siglas en inglés) cuyo resultado más tangible fue la creación del Marco Global para los Servicios Climáticos (GFCS, de sus siglas en inglés) que está siendo desarrollado por parte de un grupo de trabajo de alto nivel y que será adoptado por la OMM a partir de 2011.

Este nuevo Marco Global permitirá reorganizar el papel de los servicios meteorológicos en temas relacionados con el clima en sus diferentes vertientes. En esta línea, los servicios meteorológicos europeos están reforzando sus capacidades. Así, AEMET y el Instituto de Meteorología (IM) de

Portugal han dado un paso de gran importancia estratégica creando el Centro Ibérico de Servicios del Clima (CISCLIMA) para coordinar, desarrollar y mejorar los Servicios de Información del Clima. CISCLIMA tiene como objetivos generales: 1) la mejora de las capacidades de cada miembro en el suministro de información, productos y servicios del clima orientados a los usuarios; 2) la disponibilidad de datos y otra información climática de interés para la elaboración de estrategias sectoriales de mitigación y adaptación al cambio climático a nivel nacional y regional; 3) facilitar el uso de la información climática para la toma de decisiones y 4) identificar actividades relevantes para la adaptación para satisfacer las necesidades de información climática de sectores socioeconómicos clave para la gestión del riesgo climático y avanzar para incorporarlas en la futura planificación y establecimiento de prioridades.

Para cumplir con los compromisos asignados en el PNACC, con el mandato de los Estatutos de la Agencia, con las recomendaciones de la OMM y con los compromisos adquiridos en CISCLIMA, AEMET: a) observa el clima manteniendo una base de datos climáticos que constituye una referencia a nivel nacional; b) proporciona estimaciones de los posibles escenarios de evolución del clima, manteniendo una base de datos de libre acceso de escenarios de evolución del clima para la comunidad de impactos y adaptación al cambio climático; c) asesora al Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MMARM), a otros departamentos ministeriales e instituciones en temas relacionados con el clima y su cambio y variabilidad; d) participa activamente en los diversos foros nacionales e internacionales en los que se tratan los aspectos meteorológicos del cambio climático y e) contribuye a la formación en temas relacionados con los aspectos físicos del cambio climático en el contexto de la cooperación internacional.

2. OBSERVACIÓN Y SEGUIMIENTO DEL CLIMA EN ESPAÑA

AEMET dispone de una red de 90 observatorios con personal, otra de estaciones automáticas (de las cuales 260 son completas, y 540 termopluviométricas (implantadas y en proceso de adquisición)), 7 estaciones de radiosondeo, una red de observación radiométrica y de composición química del aire, un gran volumen de datos de teledetección, y 4500 estaciones pluviométricas y termopluviométricas, atendidas por colaboradores voluntarios, que constituyen la base de la observación climatológica en España. Todo ello permite que AEMET lleve a cabo una observación meteorológica continuada del territorio nacional y que disponga de una base de datos única para fines no solamente de vigilancia y predicción en el corto plazo, sino también para realizar las tareas asociadas al seguimiento y evolución del clima en España.

La base de datos climatológicos de AEMET convenientemente controlada en su calidad y homogeneizada constituye además un elemento esencial tanto para los estudios relativos al clima y su variabilidad como para regionalizar las proyecciones de evolución del clima generadas por los modelos climáticos globales y para validar el comportamiento de los modelos climáticos globales y regionales sobre el territorio nacional.

En el campo de los estudios observacionales del clima, AEMET ha iniciado recientemente nuevos proyectos. Entre ellos se pueden mencionar por su relación con los temas asociados a la variabilidad y cambio climáticos, los referentes a la generación de series históricas de referencia de precipitación para estudios de variabilidad y caracterización del clima que mejoran las disponibles hasta la fecha. Otros proyectos relacionados con el tema se centran en estudios de diferentes aspectos relativos a la ocurrencia de sucesos climáticos extremos tanto en el clima

actual como en las estimaciones de clima futuro, principalmente referidos a precipitación, temperatura y viento.

3. ESTIMACIONES DE LA EVOLUCIÓN DEL CLIMA UTILIZANDO MODELOS CLIMÁTICOS GLOBALES

La herramienta básica para realizar proyecciones climáticas son los modelos de circulación general acoplados océano-atmósfera (AOGCM, de las siglas en inglés) que se desarrollan en un número reducido de centros internacionales de investigación climática. La nueva generación de modelos globales está actualmente en fase de producción en el marco del proyecto CMIP5 del Programa Mundial de Investigación del Clima (WCRP, de sus siglas en inglés) de la OMM. Formarán parte del 5º informe de evaluación del IPCC y pertenecen a la categoría de los Modelos del Sistema Tierra (ESM, de sus siglas en inglés). El desarrollo de los modelos climáticos (véase WCRP Informal Report N° 312007) avanza aumentando la resolución, incluyendo más procesos e incorporando aspectos del medio ambiente químico y biológico tales como una vegetación activa y una bioquímica oceánica acopladas con los procesos físicos del clima. Una mayor resolución de los modelos permitirá entrar en el dominio de los remolinos de mesoscala. La correspondiente escala de transición en la atmósfera es de unos pocos km, que es cuando los modelos empiezan a resolver las circulaciones correspondientes a la convección profunda. Esta transición para el caso atmosférico ya se está realizando en los modelos de predicción del tiempo. Los modelos que incluyen el ciclo del carbono son capaces de predecir la evolución de la concentración de CO₂ utilizando como datos de entrada solamente las emisiones antropogénicas en lugar de las concentraciones, que es como han venido funcionando hasta ahora la mayoría de los modelos globales. Los modelos que incluyen un módulo de aerosoles permitirán además acoplar la evolución de éstos con otros efectos indirectos sobre la radiación, la formación de nubes y la eficiencia de la precipitación a través de los procesos de microfísica de nubes. Otros temas emergentes que irán incorporando en los modelos climáticos son la inclusión de otros gases de efecto invernadero y gases reactivos, el almacenamiento de agua y carbono por las plantas, los ciclos de nitrógeno y fósforo, que actúan como limitantes en el crecimiento de ecosistemas o la aclimatación de la microbiología del suelo a temperaturas más altas.

La evaluación de los modelos globales constituye un elemento esencial para seleccionar aquellos que mejor se comportan en una cierta área de interés y su posterior regionalización y, por otro, para estimar las incertidumbres asociadas a los modelos globales que afectarán a las proyecciones regionalizadas. AEMET ha dedicado últimamente importantes esfuerzos para evaluar las simulaciones realizadas con modelos globales y generadas tanto en el marco del AR4-IPCC como del proyecto ENSEMBLES. La evaluación de los modelos se ha realizado a partir del análisis de los campos de precipitación y temperatura de los modelos, la aplicación de técnicas objetivas de clasificación de tipos de tiempo y la comparación de modos de variabilidad. Éstos se han comparado con datos y/o reanálisis en un periodo observacional representativo del clima actual.

AEMET participa en el desarrollo de modelos climáticos globales en el marco del proyecto EC-EARTH que aglutina varios Servicios Meteorológicos europeos y otras instituciones para el desarrollo de un modelo del sistema Tierra a partir del sistema de predicción estacional del Centro Europeo de Predicción a Medio Plazo (ECMWF, de sus siglas en inglés). Actualmente el modelo desarrollado en EC-EARTH está en plena fase de producción de las simulaciones que constituirán la base de modelización para el 5º informe de evaluación del IPCC.

4. ESCENARIOS REGIONALIZADOS DE CAMBIO CLIMÁTICO

La escala de resolución espacial de los modelos climáticos globales los hace poco útiles para ser utilizados por los distintos tipos de modelos de impacto. Por este motivo es necesario aplicar técnicas de regionalización a sus proyecciones para aumentar su resolución espacial. La metodología, generalmente aceptada utiliza la idea del descenso de las escalas grandes a las escalas pequeñas. Las escalas grandes se estiman con los modelos globales acoplados océano-atmósfera y a continuación se desciende a las escalas más pequeñas con diferentes técnicas de regionalización. En este enfoque la tarea predictiva la realizan principalmente los modelos globales y las técnicas de regionalización o de reducción de escala (*downscaling*), bien basadas en algoritmos empíricos o en modelos regionales introducen detalle local. La información solamente fluye desde las escalas grandes (modelos globales) a las escalas regionales (modelos regionales y algoritmos estadísticos).

AEMET coordina la generación de escenarios regionalizados de cambio climático con los objetivos específicos de: 1) desarrollar, documentar y poner a disposición del PNACC escenarios de cambio climático para España a la escala adecuada para su utilización por la comunidad de impactos, y 2) poner en funcionamiento un mecanismo de generación operativa y actualización de escenarios regionales de cambio climático para España, que alimente de forma periódica al PNACC.

Tras una primera fase del proyecto (completado a principios de 2007) dedicado a la generación de escenarios regionalizados de cambio climático para España, AEMET está actualmente embarcada en la generación de una nueva colección de escenarios regionalizados que formarán parte de una nueva entrega más actualizada que toma como datos de entrada las simulaciones globales generadas en CMIP3 para AR4-IPCC y en el proyecto ENSEMBLES. Esta colección de escenarios, conjuntamente con los que se están generando en los proyectos ESCENA y ESTCENA –financiados por el MMARM– que aglutinan a una gran parte de la comunidad investigadora española activa en este campo, constituirán un ambicioso intento que permitirá hacer una proyección probabilística de la evolución del clima con estimación de las incertidumbres asociadas a distintas fuentes. AEMET está contribuyendo a este esfuerzo tanto con métodos estadísticos como dinámicos poniendo especial énfasis en la exploración de las incertidumbres desde la convicción de que la utilización y explotación de toda la información disponible, tanto procedente de los modelos globales y escenarios de emisión como de una amplia variedad de técnicas de reducción de escala, permitirá generar una sólida información probabilística sobre la evolución regionalizada del clima.

Al igual que en el caso de los modelos globales, AEMET también está muy involucrada en las tareas de evaluación de las simulaciones regionales. En este sentido, la formidable fuente de información de modelos regionales generada en el marco del proyecto ENSEMBLES, y anteriormente PRUDENCE, ha sido evaluada y validada sobre España y con particular atención a los aspectos relacionados con los balances hídricos y energéticos. Estas validaciones también ayudan a establecer diferentes niveles de confianza en las proyecciones regionalizadas de cambio climático, ya que permiten discernir qué procesos físicos están razonablemente simulados por los diferentes modelos.

5. MODELOS OCEÁNICOS REGIONALES

Las técnicas de regionalización dinámica comúnmente utilizadas hasta la fecha se han basado en el anidamiento de un modelo atmosférico regional del clima (RCM, de sus siglas en inglés) forzado por la componente atmósfera de un AOGCM mediante métodos de relajación. El forzamiento inferior, por lo que respecta a los puntos oceánicos del RCM, viene prescrito en forma de la temperatura del agua del mar previamente calculada por el AOGCM. El objetivo de disponer de un modelo acoplado atmósfera-océano regional supone un importante salto cualitativo tanto para estudios a nivel regional como para la utilización de esta herramienta en tareas de regionalización dinámica. La utilización de modelos atmosféricos regionales para simular el clima ha significado para AEMET la natural evolución de estas herramientas, utilizadas desde hace muchos años para corto plazo como base de la predicción operativa. Los muchos años de colaboración de AEMET con los sucesivos proyectos HIRLAM le han llevado a utilizar un derivado de este modelo que incorpora ciertas características que lo hacen apto para simulación climática, también para regionalización dinámica de las proyecciones climáticas e incluso para regionalización en escalas intermedias, tales como la estacional.

Para avanzar en el campo de las técnicas de modelización regional basadas en modelos acoplados atmósfera-océano, AEMET está desarrollando un proyecto conjunto con el Ente Público Puertos del Estado (EPPE) que incluye además a otras instituciones españolas y europeas relevantes en este campo. El mismo tiene como finalidad a corto plazo el desarrollo, validación y aplicación de modelos oceánicos regionales para aplicaciones climáticas. En una primera etapa, los modelos oceánicos climáticos regionales deberán validarse realizando simulaciones de varias décadas de tiempo pasado en las que existen datos de observación (las cuatro últimas décadas del siglo XX). En una segunda fase, los modelos oceánicos se forzarán con las proyecciones atmosféricas regionalizadas de clima futuro, a fin de obtener escenarios climáticos marinos. Finalmente, en función de los resultados obtenidos en las etapas anteriores, se planteará el desarrollo y aplicación de modelos acoplados océano-atmósfera para regionalizar sobre la península Ibérica, archipiélagos y mares circundantes las proyecciones de los modelos atmosféricos y oceánicos globales para el siglo XXI. El proyecto actualmente en curso proporcionará escenarios marinos regionalizados de oleaje, residuos del nivel del mar, circulación y nivel del mar total para el período 2000-2050.

6. PERSPECTIVAS

Las perspectivas de AEMET en relación con las actividades relacionadas con el cambio climático están lógicamente muy condicionadas por el contexto internacional que, como se ha indicado más arriba, está en pleno proceso de cambios muy acelerados relacionados con el desarrollo del Marco Global para los Servicios Climáticos con la iniciativa europea de la Vigilancia Global para el Medio Ambiente y Seguridad (GMES, de sus siglas en inglés) que tiene una importante componente de servicios climáticos, con la negociaciones internacionales en el marco de la Convención de las Naciones Unidas para el Cambio Climático, con la implementación del Sistema Mundial de Observación del Clima (GCOS, de sus siglas en inglés), con el desarrollo de la alianza estratégica CISCLIMA, etc.

El plan a cuatro años de AEMET (2011-2014) en temas relacionados con I+D contempla fortalecer el conocimiento y desarrollar las aplicaciones en seis líneas prioritarias estando dos de ellas claramente relacionadas con aspectos del clima y del cambio climático: a)

modelización numérica del tiempo y del clima; b) análisis de la evolución del clima y elaboración de proyecciones climáticas.

AEMET tiene previsto dentro de los próximos cuatro años mejorar la calidad de las predicciones meteorológicas a corto plazo mediante la implementación de sucesivos sistemas de predicción numérica del tiempo deterministas y probabilísticos capaces de resolver escalas horizontales en el rango 1-3 km y mejorar la predicción de fenómenos de tiempo adverso, integrando toda la información meteorológica disponible. Para ello, continuará implementando y ejecutando de modo experimental una pasada del modelo no hidrostático HARMONIE a 2-3 km de resolución horizontal anidado en el modelo ECMWF que actualmente corre a una resolución próxima a los 15 km y que a mediados del decenio se incrementará hasta los 10 km. Al igual que se utiliza una versión climática del modelo HIRLAM (el modelo RCA desarrollado inicialmente en el Rossby Centre del SMHI) para aplicaciones climáticas, se pretende por consistencia comenzar en breve plazo la adaptación del modelo HARMONIE para fines climáticos. De esta forma AEMET dispondrá esencialmente del mismo código para su utilización en el corto plazo y para regionalización en las escalas climáticas.

Igualmente AEMET tiene previsto, como figura en sus estatutos, actualizar periódicamente la información relativa a proyecciones regionalizadas de cambio climático para proporcionar una idea probabilística de la evolución del clima siempre a partir de la información más actualizada disponible en modelos globales. El incremento de la actividad en el campo de los modelos globales en el contexto del proyecto EC-Earth es otra de las líneas prioritarias de desarrollo para los próximos años.

Finalmente, y consistentemente con la prioridad que da a AEMET a estos temas, se pretende que la información que se presenta en la página web de AEMET se actualice con una mayor frecuencia y con una variedad de productos que permitan tanto al público general como a los usuarios especializados de la comunidad de impactos satisfacer las necesidades de información y contribuya a clarificar el panorama desde una perspectiva científica.

A este respecto, el Consejo Rector de la Agencia acaba de aprobar un cambio significativo en la política de datos, de tal manera que, a medio plazo, éstos serán libremente accesibles por vía electrónica. De manera inmediata, la información de archivo de un conjunto seleccionado de estaciones climatológicas estará disponible en la web. Ello contribuirá a potenciar los trabajos de análisis del clima que realizan todas las instituciones españolas.