



## IMPORTANTE APOYO A POLÍTICAS MEDIOAMBIENTALES Y PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN DE LA SALUD

[Versión imprimible en pdf](#)

### **Alberto Cansado Auría**

Jefe del Servicio de Modelización  
AEMET

### **Rosa García Marín**

Analista  
AEMET

### **María López Bartolomé**

Jefa del Servicio Especiales  
AEMET

**Uno de los objetivos estratégicos de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) es el apoyo a las políticas medioambientales, de cambio climático y al desarrollo sostenible. Esta contribución se concreta en la mejora de la capacidad de respuesta de la sociedad frente al cambio climático, proporcionando de forma continua información fiable sobre el estado, evolución y variabilidad del clima y avanzando en la comprensión del cambio climático y el apoyo a la prevención y la protección frente a las enfermedades y daños a la salud relacionados con las condiciones atmosféricas; la implantación y mejora de servicios de vigilancia y predicción de la composición de la atmósfera y de la radiación solar.**

Las actividades de AEMET relacionadas con las políticas medioambientales se agrupan según dos aspectos fundamentales: la observación de los parámetros y la modelización química.

En cuanto a la observación, las redes radiométricas nacionales y de contaminación de fondo de AEMET constituyen la contribución de España a los programas mundiales de vigilancia de la atmósfera y del clima mediante la medida de la radiación solar, el contenido de ozono, los aerosoles atmosféricos, los gases reactivos y otros contaminantes del aire así como de la composición química de la precipitación. Los datos obtenidos son de aplicación en la vigilancia del estado y la evolución de la composición química de la atmósfera y del clima, la calidad del aire, la salud o las energías renovables. Estas redes proporcionan observaciones de alta calidad a

la comunidad científica, gobiernos y organizaciones internacionales, destinadas a facilitar la comprensión de los cambios producidos en la atmósfera a escala regional y global, ayudar a establecer políticas de protección al medio ambiente y entender el impacto de la química atmosférica sobre el aumento del efecto invernadero, la disminución del ozono estratosférico y el cambio climático. Los datos obtenidos son tratados, validados y distribuidos en tiempo casi real a organismos internacionales como la Agencia Europea de Medio Ambiente o el Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio (CEPPM).

Las actividades de modelización de la calidad del aire se han iniciado recientemente en AEMET como apoyo a las políticas medioambientales del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino. También la Agencia participa en el proyecto europeo que desarrollará el Servicio Básico de la Componente de Atmósfera de la iniciativa conjunta de la Comisión Europea y la Agencia Espacial Europea, denominada GMES (Global Monitoring for Environment and Security). La coordinación del proyecto recae sobre el CEPPM, que recientemente ha modificado su Convención para incluir entre sus competencias la vigilancia y la predicción de la composición química de la atmósfera. Entre los resultados que se esperan conseguir en este ambicioso proyecto en el que participa AEMET se encuentran la realización de análisis retrospectivos que permitirán vigilar el cumplimiento de importantes tratados internacionales tales como los Protocolos de Montreal y Kioto, el transporte transfronterizo de contaminantes atmosféricos, contribuir a los informes científicos del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) o la realización de estudios en el ámbito de la salud ligados a tormentas de polvo sahariano.

## La vigilancia de la radiación solar, el ozono y los aerosoles en AEMET

### [Redes Radiométricas de AEMET.]

AEMET dispone de Redes Especiales para la vigilancia de la radiación solar, la capa de ozono y los aerosoles atmosféricos. La operación de estas redes mantiene una certificación de calidad ISO 9001:2000 desde noviembre de 2006.

La radiación procedente del Sol que llega a la superficie de la Tierra es generalmente beneficiosa. Es la fuente de energía que gobierna nuestro planeta y gracias a ella se dan las condiciones necesarias para hacer posible la vida en el mismo.

La seguridad del abastecimiento de energía así como la protección del medio ambiente han adquirido una gran importancia en los últimos tiempos. A lo largo de las dos últimas décadas del siglo XX y comienzos del XXI, los aspectos medioambientales han ido reforzando su importancia en relación con la política energética. De esta forma, la energía obtenida a partir de las fuentes de energía renovables desempeña un importante papel en la lucha contra el cambio climático.

Dentro de las fuentes de energía renovables, la energía solar presenta distintas aplicaciones. El aprovechamiento de esta energía requiere del conocimiento de la cantidad, características y distribución de la radiación en el espacio así como de su evolución y variación en el tiempo.

AEMET dispone de diferentes redes radiométricas operativas que permiten realizar un seguimiento permanente de la radiación solar en España. Cuenta para ello con instrumentos radiométricos en banda ancha, para la medida de la radiación integrada en una zona del espectro solar. Entre los equipos utilizados están los piranómetros y pirheliómetros, que permiten medir la radiación solar global incidente y sus componentes directa y difusa, pirgeómetros para la medida de la radiación infrarroja atmosférica y terrestre, radiómetros que miden la radiación UVB eritémica global y difusa, radiómetros que miden la radiación UVA y la radiación fotosintéticamente activa (PAR).

La Red de Radiación en Banda Ancha del AEMET dispone actualmente de:

- 37 estaciones que miden radiación global, de las cuales 34 miden además radiación difusa y 23 también radiación directa.
- 21 estaciones que miden radiación infrarroja incidente, de las cuales 2 miden además radiación infrarroja reflejada.
- 2 estaciones que miden radiación fotosintéticamente activa (PAR).
- 26 estaciones que miden radiación UVB, de las cuales 1 mide también UVA.

Sin embargo, no toda la radiación que alcanza la superficie terrestre es inocua o beneficiosa, la exposición a la radiación ultravioleta puede entrañar riesgos y se hace necesario realizar un seguimiento de la misma.

Es preciso decir que los rayos ultravioletas son necesarios para la vida. Recordemos que la fotosíntesis de las plantas tiene lugar gracias a la energía de los rayos ultravioleta o que los humanos necesitamos exponernos a la luz solar (y, especialmente, a la radiación UVB) para sintetizar en la piel la vitamina D cuyo déficit puede provocar una deficiente mineralización de los huesos. Sin embargo, una sobreexposición a los rayos ultravioleta puede ser perjudicial para la salud.

La parte más dañina de esta radiación (la denominada radiación UVC) no alcanza la superficie terrestre ya que es absorbida por la atmósfera, principalmente, en la denominada capa de ozono. Aunque los rayos ultravioleta UVB son absorbidos en la atmósfera en un 90% aproximadamente, y los UVA son también atenuados en menor medida, una parte de ellos llega a alcanzar la superficie terrestre.

El índice ultravioleta (UVI o Ultra Violet Index) es una medida de la intensidad de la radiación ultravioleta que alcanza la superficie de la Tierra.



Actualmente en AEMET se realiza una predicción de hasta 5 días del Índice Ultravioleta máximo en condiciones de cielo despejado previsto cada día, para la prevención de los problemas de salud derivados de una exposición a la radiación ultravioleta del sol. Para efectuar esta predicción, se integra diariamente un Modelo de Transferencia Radiativa que utiliza campos previstos de la columna total de ozono del modelo dinámico global del Centro Europeo de Medio Plazo, y calcula el UVI previsto en función de la elevación del Sol a la hora del mediodía local en cada punto y del ozono en columna.

Tanto los datos medidos como las predicciones de UVI se muestran diariamente en la página web de AEMET.

## Observación de la capa de ozono

### [Sondeo de Ozono.]

España suscribió y ratificó el Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono, firmado el 22 de marzo de 1985 bajo el auspicio de las Naciones Unidas. Este Convenio obliga a las partes, entre otras cosas, a la realización de observaciones sistemáticas y al intercambio de información relacionada con la capa de ozono.

Como consecuencia de esto, AEMET cuenta con siete estaciones para la vigilancia y observación de la capa de ozono: A Coruña, Madrid, Zaragoza, Murcia, Izaña, Sta. Cruz de Tenerife y El Arenosillo (Huelva). Esta última es una estación perteneciente al INTA (Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial) y operada por personal de este organismo que, en virtud a un convenio de colaboración, esta incorporada a la red de AEMET y sujeta al plan de mantenimiento y calibración de ésta.

En las estaciones de A Coruña, Madrid, Zaragoza, Murcia, Izaña y El Arenosillo, se realizan medidas continuas del espesor de la capa de ozono mediante espectrofotómetros Brewer. En las estaciones de Madrid y Santa Cruz, se realizan también sondeos semanales de distribución vertical de ozono con globos sonda.

Los datos obtenidos son ampliamente difundidos desde AEMET, enviándose regularmente al Centro Mundial de Datos de Ozono y Radiación Ultravioleta (WOUDC) en Canadá y contribuyendo a la confección de los mapas de espesor total de ozono en el hemisferio norte que, por encargo de la Organización Meteorológica Mundial, realiza diariamente la Universidad de Tesalónica y el propio WOUDC durante todo el año. Igualmente son mostrados diariamente en la web externa de AEMET.

Por otra parte el Centro de Investigación Atmosférica de Izaña, perteneciente a AEMET esta establecido como Centro de Calibración Brewer para la Región VI de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y mantiene una triada de instrumentos trazable a la triada de Toronto (Canadá) establecida como patrón por la OMM.



## Medida de aerosoles atmosféricos

Los aerosoles atmosféricos, tanto naturales como antropogénicos, pueden afectar al clima cambiando el modo en el que la radiación electromagnética se transmite a través de la atmósfera. Desempeñan un papel importante en el sistema climático por dos razones. En primer lugar, por su interacción directa con las radiaciones solar y terrestre a través de su absorción y dispersión (scattering) y en segundo lugar, por su influencia sobre los procesos nubosos y, por tanto, sobre los flujos radiativos.

El espesor óptico de aerosoles (EOA) es una medida cuantitativa de la extinción de la radiación solar por la absorción y la dispersión (scattering) del aerosol entre el punto de observación y el tope de la atmósfera y, aunque no es directamente medible, puede obtenerse a partir de observaciones de la transmisión espectral.

La OMM incluyó la medida del EOA en el listado básico de medidas recomendadas del Programa de Vigilancia Atmosférica Mundial (WMO/GAW, 1993). Su importancia radica en que es un parámetro esencial para la evaluación del denominado "forzamiento radiativo". Desde finales del 2006 AEMET opera una red de cinco fotómetros Cimel en las ubicaciones de Coruña, Zaragoza, Palma de Mallorca, Murcia, Madrid, Santa Cruz de Tenerife e Izaña, en las cuales se estima diariamente el EOA.

## La vigilancia de la calidad del aire en AEMET

### [Mapa de la red EMEP/VAG/CAMP de vigilancia de la calidad del aire.]

AEMET gestiona una red de estaciones de observación de los parámetros que definen la calidad del aire, la red EMEP/VAG/CAMP, que satisface compromisos adquiridos a través de diferentes programas internacionales como el programa EMEP, el programa VAG y el programa CAMP.



EMEP es el "Programa concertado de seguimiento y de evaluación del transporte a gran distancia de los contaminantes atmosféricos en Europa" (Cooperative programme for monitoring and evaluation of long-range transmission of air pollutants in Europe), derivado del convenio de Ginebra sobre contaminación transfronteriza de 1977, cuyo fin es proporcionar a los países miembros información sobre la concentración y depósito de contaminantes atmosféricos, así como del transporte de los mismos y de los flujos a través de las fronteras nacionales.

Encuadrado dentro del PIAMA (Programa de Investigación de la Atmósfera y el Medio Ambiente – AREP) de la Organización Meteorológica Mundial, se encuentra el Programa de la Vigilancia Atmosférica Global (VAG, GAW, 1989) que fue instituido para comprender los cambios naturales y antropogénicos de la atmósfera, conocer las interacciones entre la atmósfera, el océano y la biosfera y para proporcionar información científicamente fiable para el desarrollo de políticas medioambientales nacionales e internacionales.

El Programa CAMP "Programa Integral de Control Atmosférico", (Comprehensive Atmospheric Monitoring Programme), es fruto del convenio Oslo-París de 1992 para la Protección del Medio Ambiente Marino del Atlántico Nordeste y tiene por objeto conocer los aportes atmosféricos a esta región atlántica y estudiar sus efectos sobre el medio marino, así como determinar las tendencias a largo plazo de estas contribuciones atmosféricas y validar los modelos de transporte de contaminantes usados para evaluar los citados aportes atmosféricos.

Esta red, creada en 1983, está formada en la actualidad por trece estaciones y cuenta con series de datos procedentes de diecisiete emplazamientos distintos cuatro de los cuales ya no están operativos.

Las estaciones deben ubicarse lejos de fuentes de contaminación como grandes núcleos urbanos, industrias, centrales eléctricas, refinerías, autopistas y explotaciones ganaderas; deben evitar valles y otras zonas susceptibles de formar masas de aire estacionarias bajo condiciones de inversión, cimas y puertos de montaña, así como zonas expuestas a fuertes vientos. El área que representan varía según los valores de la contaminación de fondo en cada región, pero en cualquier caso será superior a la resolución horizontal de los actuales modelos de calidad del aire (en general del orden de 50 km). La distancia recomendada entre estaciones es de unos 150 km en el centro de Europa y de 300 a 500 km en territorios menos contaminados.

El programa ordinario de mediciones proporciona observaciones automáticas de parámetros meteorológicos (dirección y velocidad del viento, radiación global, presión, temperatura, humedad y precipitación) y de gases contaminantes (ozono, dióxido de azufre, dióxido y monóxido de nitrógeno). Por medio de captadores semiautomáticos se recogen muestras diarias de precipitación con objeto de conocer su contenido en iones sulfato, nitrato, amonio, sodio, magnesio, calcio, cloro, hidrógeno y potasio, así como el pH y la conductividad de la misma. También se muestrean diariamente nitratos, amonios y aerosoles, de los cuales se mide la masa total de las partículas de diámetro aerodinámico inferior a 10 y a 2,5 micras y se analiza la concentración de sulfatos y nitratos en PM10. Este programa básico se amplía en algunas estaciones para cumplir con los compromisos adquiridos dentro de otros acuerdos y colaboraciones existentes. Además de manera periódica se realizan campañas adicionales de medidas reguladas por las leyes europeas relacionadas con la calidad del aire. Estos programas ampliados pueden concernir tanto al aire como a la precipitación y buscan conocer los niveles de fondo de otros contaminantes como metales pesados, hidrocarburos aromáticos policíclicos, compuestos orgánicos volátiles, mercurio gaseoso, etc. algunos de los cuales presentan un elevado grado de toxicidad pudiendo causar profundas alteraciones en nuestros organismos tanto en lugares próximos a las fuentes de emisión como en emplazamientos remotos donde ya se han detectado importantes problemas en la salud de las poblaciones allí asentadas.



## La modelización de la calidad del aire en AEMET [Foto: Álvaro López]

El público en general suele ignorar que el trabajo de elaboración de un pronóstico en Meteorología comienza siempre con la ejecución en un superordenador de un modelo numérico.

Un modelo puede definirse como una representación de la realidad en la que se hacen una serie de simplificaciones de los procesos que intervienen en el fenómeno a estudiar. Un modelo numérico de predicción del tiempo es un programa muy complejo, con múltiples subrutinas que, a partir de unos datos de entrada, determina cuál es el estado inicial de la atmósfera y calcula la evolución de la misma en el futuro mediante la resolución con métodos numéricos de las ecuaciones matemáticas que describen las leyes físicas que rigen la sucesión de estados atmosféricos.

Los primeros intentos de utilizar la predicción numérica para predecir el tiempo fueron realizados por Richardson en los años 20. Sin embargo, no fue hasta la aparición de los primeros computadores, en los años 50, cuando se pudo tener una predicción en tiempo real. Un modelo numérico de predicción meteorológica representa la atmósfera a través de una malla o rejilla tridimensional en la que se calcula la evolución de las variables que la describen. Tiene procesos que es capaz de resolver explícitamente y procesos parametrizados, de escala inferior a los representados por la rejilla del modelo, como la turbulencia, o la convección, por ejemplo. Las mejoras de los modelos numéricos



han venido históricamente por dos vías.

De una parte, un mejor conocimiento de los procesos físicos que tienen lugar en la atmósfera y de las técnicas y asimilación de todo tipo de datos de observación para determinar el estado inicial de la misma que se ha traducido en que los modelos son más realistas.

De otra parte, el avance espectacular en la potencia de cálculo de los superordenadores ha permitido descender a resoluciones difícilmente imaginables hace solamente quince o veinte años, asimilar un mayor número de observaciones para calcular el estado inicial de la atmósfera crezca e introducir técnicas de control de la incertidumbre en la predicción como las técnicas de predicción por conjuntos. Todo ello ha contribuido a mejorar objetivamente la calidad de las predicciones obtenidas.

Los modelos numéricos son herramientas fundamentales para la predicción del tiempo. Desde hace algunos años se está produciendo una extensión del concepto de tiempo atmosférico a lo que ya en algunos foros recibe el nombre de tiempo químico. Se trata de, al igual que los servicios meteorológicos realizan previsiones de parámetros como la temperatura, el viento o la precipitación de forma operativa, hacer predicciones de cómo van a evolucionar las especies químicas contaminantes en los próximos días.

La atmósfera terrestre está compuesta principalmente por nitrógeno (78,08%), oxígeno (20,95%), argón (0,93%) y dióxido de carbono (0,038%). Además, podemos encontrar prácticamente la totalidad de los elementos químicos en la atmósfera en diversos compuestos que aparecen en proporciones muy pequeñas. Estos componentes minoritarios del aire, antropogénicos o de origen natural, pueden resultar perjudiciales para la flora y fauna y, por supuesto, para el hombre. Por ello existe gran interés por parte de todas las Administraciones a nivel europeo, nacional y autonómico en la vigilancia y mejora de la calidad del aire, establecer límites en diversos parámetros importantes, así como garantizar un adecuado acceso de los ciudadanos a la información sobre esta materia.

Ahora surge la cuestión siguiente: ¿Podemos utilizar las técnicas de modelización para conocer como evolucionarán esas especies minoritarias de la atmósfera, responsables de la calidad del aire que respiramos? La respuesta es afirmativa. Para ello se debe integrar la química atmosférica en las ecuaciones que tienen en cuenta los modelos de predicción o bien separar la evolución química en un nuevo modelo. Una solución muy común la constituyen los llamados modelos de transporte químico (CTM, chemical transport models) que funcionan utilizando como entrada (forzamientos) los datos proporcionados por los modelos numéricos de predicción del tiempo, así como los datos de emisiones de contaminantes.

La mayoría de los servicios meteorológicos de países de nuestro entorno han dado el paso de introducirse en el campo de la modelización de la calidad del aire. AEMET dentro de sus objetivos de suministrar apoyo a las políticas medioambientales del Gobierno de España está trabajando para poner en operación un modelo de transporte químico que funcionará acoplado a sus modelos meteorológicos operativos HIRLAM a 16 y 5 km de resolución. El modelo de transporte químico que se ha escogido es MOCAGE, desarrollado por Météo France, con quien se ha comenzado una colaboración en esta materia.

Este modelo puede utilizarse con diferentes esquemas químicos y también como modelo de dispersión, en modo accidente, para situación de emergencia química o nuclear. En AEMET, el modelo MOCAGE incluye la química troposférica y estratosférica y tiene en cuenta 119 especies químicas diferentes y más de 370 reacciones. Actualmente se encuentra en fase preoperativa integrándose diariamente en modo global a 2 grados, aunque la configuración prevista incluye previsiones diarias hasta 48 horas y 3 dominios anidados: global a una resolución de 2 grados, continental a 0.5 grados y nacional a 0.1 grados, lo que permitirá aumentar la precisión de las previsiones sobre nuestro país. Igualmente se piensa establecer un protocolo de actuación para situaciones de emergencia para el modo ACCIDENTE.

De forma adicional, se mejorarán las previsiones de UVI de AEMET que actualmente se hacen para condiciones de cielo despejado y que con MOCAGE serán más realistas al tener en cuenta otros factores como la nubosidad.

Por otra parte, la iniciativa europea GMES persigue establecer un sistema que garantice la sostenibilidad de las capacidades de observación y monitorización medioambiental en Europa mediante el establecimiento de servicios, dirigidos en todo momento a cubrir las necesidades de los usuarios, para apoyo a la implementación de políticas medioambientales y de seguridad en Europa.

La iniciativa GMES tendrá dos componentes principales: la infraestructura de observación y los servicios. La componente de infraestructura de observación comprenderá la observación *in situ* y la observación espacial (mediante satélites). La componente de servicios proporcionará información a los usuarios, bajo la supervisión de la Unión Europea. Los servicios serán de dos tipos: marino y de la atmósfera, por un lado y terrestre, de emergencia y seguridad por otro.

La Comisión Europea propone que para los servicios marinos y atmosféricos se establezcan redes integradas de centros de monitorización y pronóstico y que, dada su experiencia, el Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio (del que forma parte nuestro país, a través de AEMET) se haga cargo de la coordinación de los temas del servicio atmosférico. GMES constituiría la aportación europea principal al plan decenal de implementación del Sistema de Sistemas de Observación Global de la Tierra (GEOSS, Global Earth Observing System of Systems).

Igualmente, el séptimo programa marco de la Unión Europea para la investigación (FP7) ha aprobado el proyecto MACC (Monitoring Atmospheric Composition and Climate: A proposal for the Pilot GMES Atmospheric Service), que constituye, como indica su título, una propuesta para un servicio atmosférico piloto para



GMES. MACC es un proyecto preparado conjuntamente por miembros que estaban involucrados en el proyecto FP6 GEMS (Global and regional Earth-System Monitoring using Satellite and in-situ data) o en el proyecto conjunto de la ESA y de la Comisión Europea PROMOTE. Ambos proyectos finalizan este año 2009 y MACC comenzará a mediados de este mismo año, con lo cual puede considerarse que es el sucesor de GEMS y PROMOTE.

MACC es un ambicioso proyecto europeo en el que participan 45 instituciones de 18 países europeos más el CEPPM y el Joint Research Center (JCR) de la Unión Europea. Entre los participantes hay 11 institutos meteorológicos involucrados. La coordinación del proyecto recae sobre el CEPPM. AEMET es una de las 45 instituciones que forman parte del proyecto y participa en dos aspectos. Por un lado en el apartado dedicado a la salud, realizará estudios relacionados con las tormentas de polvo y arena y las epidemias de meningitis en el Sahel. Por otro lado contribuirá, mediante el estudio de episodios de contaminación con MOCAGE, a una mejor caracterización de la química atmosférica en la cuenca mediterránea que tiene peculiaridades debidas, entre otras razones, a la intensa radiación solar recibida. El proyecto MACC tendrá una duración de 29 meses. Todo lo anterior demuestra el interés existente, tanto a nivel europeo como a nivel nacional y regional, por el problema de la contaminación atmosférica y sus efectos en la salud de las personas y el medio ambiente en general.

Para finalizar, cabe mencionar que la Organización Meteorológica Mundial ha elegido para la celebración del Día Meteorológico Mundial del año 2009, que se celebra el día 23 de marzo, el lema "Tiempo, clima y el aire que respiramos". Es una muestra más de la importancia que en los últimos años concede la sociedad a los temas relacionados con la vigilancia, preservación y mejora de la calidad del aire por su influencia en la salud y el bienestar humanos.

Otros artículos relacionados con: [AEMET](#), [Salud](#), [Prevención](#)



© 2009 Revista Ambienta <<Accesibilidad>>