

# Un servicio meteorológico eficaz para España

*Texto:* Ricardo Riosalido Alonso

Director de Producción e Infraestructuras

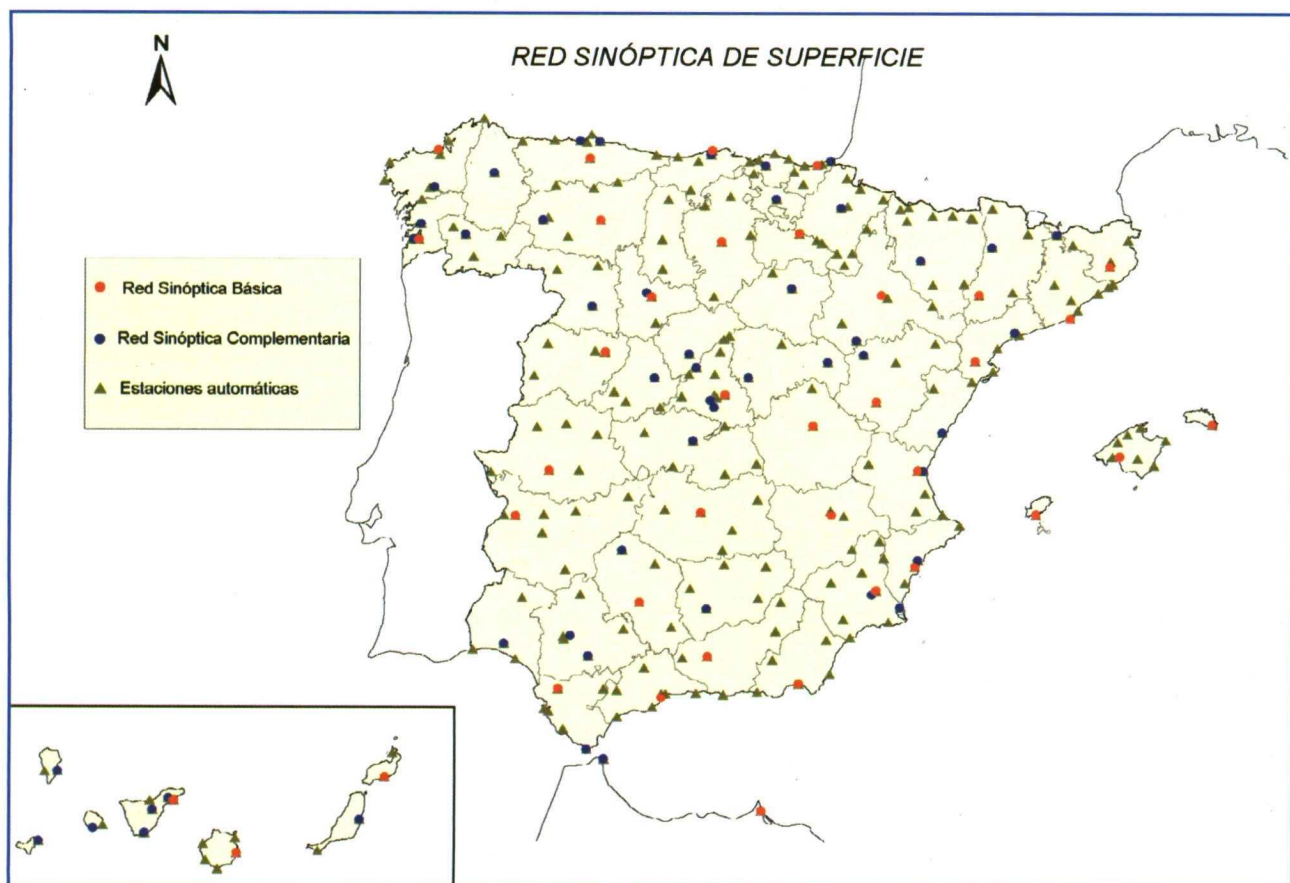
**E**s conocido que la Península Ibérica se encuentra en una situación geográfica con una meteorología compleja a la que se suma su marcada compartimentación orográfica. Ello da lugar a marcadas singularidades entre las distintas zonas del país así como a una gran diversidad de fenómenos que con cierta frecuencia poseen un marcado nivel de adversidad. Además, se trata de una zona con una gran vulnerabilidad a los posibles efectos del cambio climático tal como indican los modelos de evolución del clima. Junto a estas características naturales, el importante desarrollo económico y social de España requiere de un eficaz soporte meteorológico tanto en lo que se refiere a la vigilancia y predicción de fenómenos adversos como a predicciones en todos sus rangos y escalas y por supuesto a todas las aplicaciones que requieren los múltiples campos de actividad de nuestra sociedad.

El Instituto Nacional de Meteorología, antecesor de la actual Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), desarrolló una actividad importante en estos aspectos. La puesta en marcha del Plan

de Renovación Tecnológica a mediados de los años 80, las investigaciones sobre meteorología mediterránea, el desarrollo de nuevas técnicas de vigilancia y predicción o la organización del Sistema Nacional de Predicción fueron hitos importantes para ir desarrollando la meteorología que el país necesitaba. AEMET ha recogido ese legado y trabaja para reforzarlo y adecuarlo a las necesidades y requerimientos crecientes de la sociedad. Se pretende conseguir con ello el cumplimiento de los objetivos básicos que han inspirado la creación de la Agencia tales como lograr una mayor sensibilidad y cercanía a las demandas sociales, ser un soporte eficaz a las políticas y actividades ambientales o conseguir la mejora de la racionalización y la eficacia en su funcionamiento. Naturalmente todo ello debe estar encuadrado en el marco general de evolución que presenta la meteorología mundial y muy en concreto la europea. En ese marco los desarrollos científicos y tecnológicos y las realidades económicas y sociales hacen concebir en un próximo futuro unas organizaciones meteorológicas probablemente muy

distintas a las actuales tanto en organización como en operatividad.

Una respuesta moderna y eficaz a los requerimientos de la sociedad española plantea importantes retos a AEMET. Tres son los pilares que deben permitir a AEMET satisfacer las necesidades de la sociedad española y tres los retos que se le plantean. En primer lugar la producción de datos, información y servicios cuyo reto consiste en conseguir una operación ágil, eficaz, coordinada y adecuada a las necesidades. Reto que no sería factible si no se apoya en otros dos pilares fundamentales: el soporte tecnológico y el soporte científico. El soporte tecnológico debe plasmarse en un conjunto de infraestructuras modernas, avanzadas y eficientes. El soporte científico resulta básico para, a través de la investigación y el desarrollo, lograr la mejora continua de los productos y servicios de la Agencia así como permitir el desarrollo de nuevas aplicaciones.



Red sinóptica de observación en superficie de AEMET



## **1.- La Infraestructura Tecnológica**

### **1.1.- Sistema Nacional de Observación**

Se puede decir que la observación meteorológica constituye la base o la espina dorsal de todas las actividades meteorológicas, proporciona la materia prima básica sin la cual no sería posible desarrollar ninguna otra actividad.

La complejidad de la atmósfera, de sus propiedades físicas y químicas, hace que sean necesarias diferentes técnicas de observación que se concretan mediante el despliegue de diferentes redes, cada una de las cuales nos proporcionan una visión “parcial” de la misma que, una vez integradas, contribuyen a proporcionarnos una visión de conjunto.

Un elemento fundamental en AEMET lo constituye el Sistema Nacional de Observación (SNO) constituido por un importante conjunto de redes de observación desplegadas por todo el territorio nacional que forman la infraestructura básica de observación y que se puede resumir en:

Red de observación de superficie, que consta de 90 observatorios atendidos por personal propio de la Agencia a los que hay que añadir 260 estaciones meteorológicas automáticas. Esta red atiende tanto las necesidades generales de información en tiempo real, como las específicas para sectores concretos tales como la seguridad de las operaciones aéreas, defensa, calidad del aire etc. (Ver los artículos “Actividades de AEMET como apoyo a las políticas medioambientales” y “Los servicios meteorológicos de AEMET en el marco del cielo único europeo” en este mismo número)

Para la observación en altura, AEMET dispone de 8 estaciones de radiosondeo (incluyendo una en el buque Esperanza del Mar) más dos de carácter móvil. Con fines climatológicos, además de todas estas estaciones existe una red de colaboradores altruistas que proporciona información sobre temperaturas y/o precipitación en 4.500 puntos de la geografía española y que está en proceso de automatización parcial (550 estaciones automáticas en 2009).

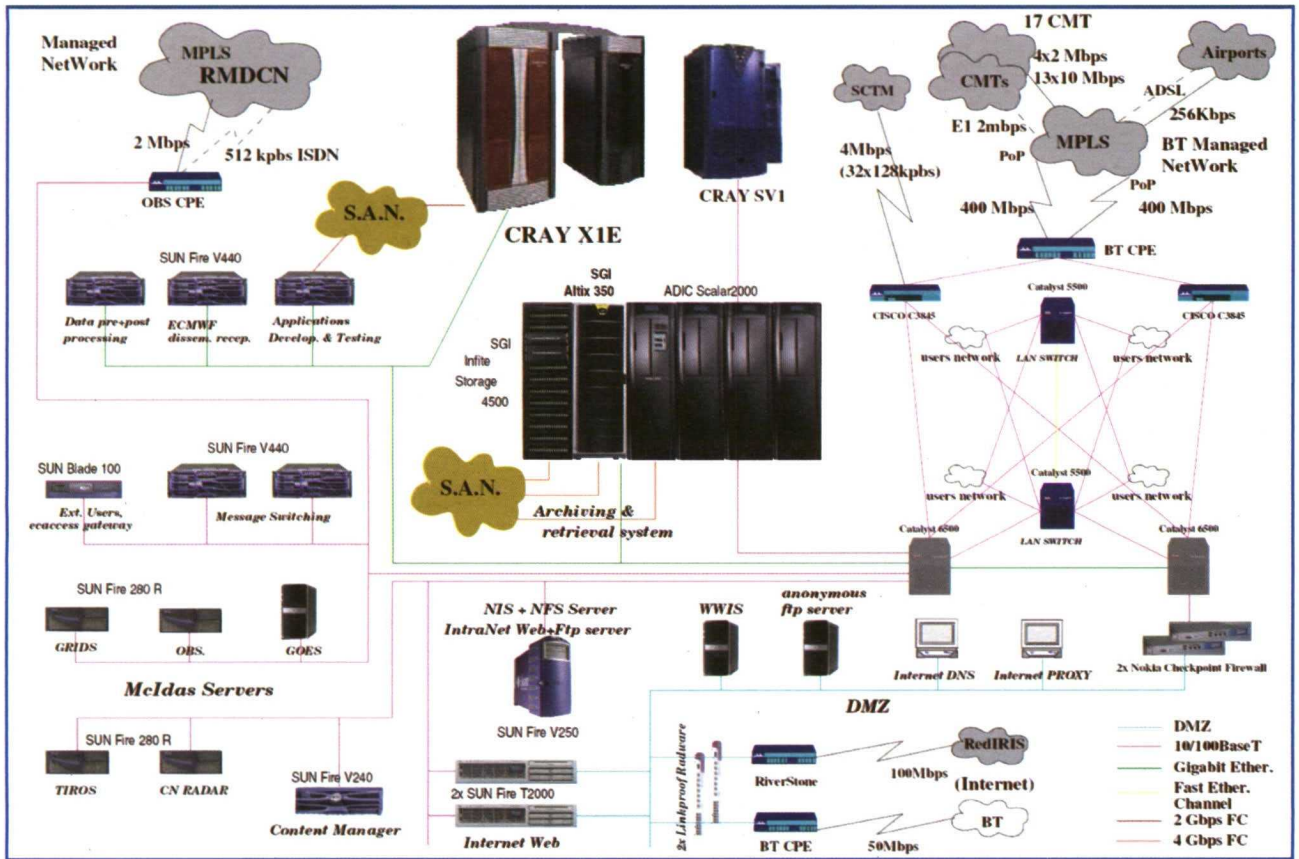
Todo ello se complementa con observaciones proporcionadas mediante técnicas de teledetección. Así, es de destacar la red de radares meteorológicos (15) que cubren el territorio nacional y la red de detección de rayos con 20 detectores.

La observación desde el espacio se ha convertido en una herramienta indispensable hoy en día, AEMET, a través de su participación en EUMETSAT, contribuye a la observación global mediante la participación en los programas de satélites meteorológicos: METEOSAT, EPS (European Polar System) y JASÓN. Para su aprovechamiento (así como para otros satélites como GOES y TIROS) AEMET dispone de 18 estaciones de recepción y proceso de datos.

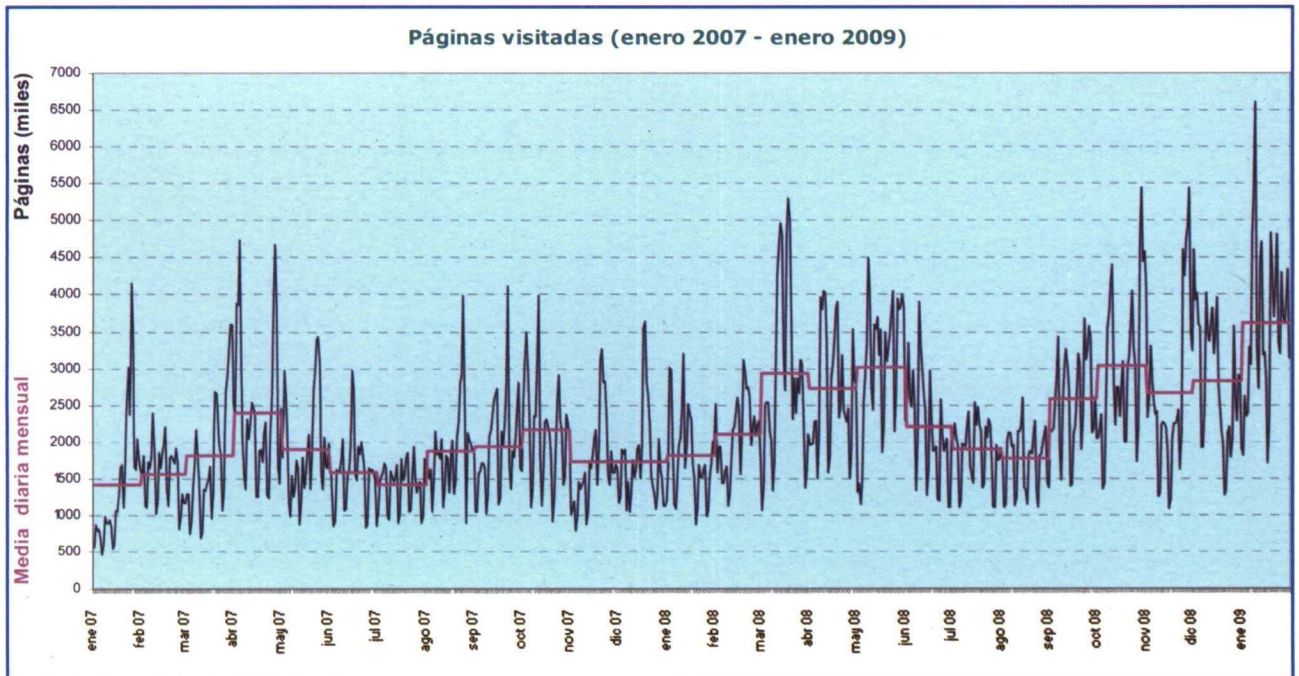
No obstante, ningún organismo es capaz de satisfacer sus necesidades mediante sus propias redes de observación, por lo que la cooperación, coordinación e intercambio de datos internacional resultan básicos en la actividad meteorológica. Así, por ejemplo, para el estudio de la atmósfera y para la predicción de la evolución de su estado, se precisa conocer datos de observación globales, aunque la zona de estudio solamente ocupe una zona geográfica concreta. Por este motivo la OMM estableció su programa más importante, el de la Vigilancia Meteorológica Mundial (VMM). Uno de los componentes de este programa es el Sistema Mundial de Observación (SMO), responsable de proporcionar observaciones meteorológicas normalizadas y de alta calidad de todas las partes del mundo, para preparar análisis, predicciones y avisos meteorológicos y para apoyar otros programas relacionados con el medio ambiente. El Sistema Nacional de Observación de AEMET constituye la aportación de España a los programas de la Vigilancia Meteorológica Mundial, del Sistema Mundial de Observación del Clima, de la Vigilancia de la Atmósfera Global y a otros programas de la Organización Meteorológica Mundial. Además, a nivel europeo, AEMET participa en los programas de observación de EUMETNET (Red de Servicios Meteorológicos Europeos) agrupados en torno al programa EUCOS (European Composite Observing System) que tiene como finalidad la optimización de las redes europeas de observación.

### **1.2.- Sistema Nacional de Telecomunicaciones y Proceso de Datos**

La realización del conjunto de actividades de AEMET no sería posible si no se dispusiera de un acceso rápido y eficiente a grandes volúmenes de información en tiempo real (datos y productos procesados) y capacidad de proceso y difusión adecuada.



Configuración del Sistema de Cálculo y de Comunicaciones de AEMET



Evolución de los accesos a la página Web de AEMET



La Agencia Estatal de Meteorología dispone de un Sistema de Telecomunicaciones y Proceso de Datos, que permite el intercambio de información entre las distintas instalaciones y su posterior proceso y difusión. Los Servicios Centrales, todas las Delegaciones Territoriales, Oficinas Meteorológicas de aeropuertos y bases aéreas, Observatorios y estaciones meteorológicas están conectadas mediante una red de área amplia de alta velocidad, que se integra dentro del Sistema Mundial de Telecomunicaciones de la OMM. De este modo los datos procedentes de los sistemas de observación se concentran y transmiten a todas las oficinas de la Agencia a la vez que se difunden a todo el mundo. La información obtenida de las distintas redes de observación y la recibida del resto del mundo a través del Sistema Mundial de Telecomunicaciones, y de Centros Internacionales y de otros Servicios Meteorológicos Nacionales, es procesada, transformada y almacenada para su utilización posterior en la elaboración de predicciones y productos para usuarios. Para ello la Agencia dispone de un Centro de Proceso de Datos, en funcionamiento ininterrumpido, que alberga los distintos sistemas de proceso, decenas de servidores algunos de propósito general y otros dedicados y especializados, entre los que cabe destacar el superordenador vectorial CRAY X1 de altas prestaciones utilizado para obtener predicciones mediante modelos numéricos y un sistema de archivo robotizado en Red de Área de Almacenamiento (SAS) con más de 500 Terabytes de capacidad. Un elemento importante en la difusión (aunque no el único) de la información dirigida al público en general lo constituye la página Web de la Agencia, que registra un media diaria en torno a los 3 millones de páginas visitadas con picos que en ocasiones (en casos de días con fenómenos adversos) alcanzan los 6 millones.

### **1.3.- Banco Nacional de Datos Meteorológicos**

Todos los datos y productos meteorológicos: observaciones convencionales, imágenes de satélite, datos radar, salidas de modelos numéricos, etc. se archivan de modo centralizado en sistemas de almacenamiento permanente de gran capacidad. El registro histórico de los datos meteorológicos y climatológicos de todo el país se preserva en diversas bases de datos entre las que cabe citar

por su importancia el Banco Nacional de Datos Climatológicos, donde se almacenan largas series de datos climatológicos de todas las estaciones de la red convencional que son uno de los principales valores de la Agencia Estatal de Meteorología y la base de todos los estudios sobre el clima y su evolución. Este banco consta de más de 1.300 millones de entradas, algunas de las cuales se remontan a 1784, y se incrementa diariamente en aproximadamente 200.000 datos.

## **2.- La producción**

El objeto final de AEMET es producir información relacionada con el tiempo y el clima. Esta información tiene múltiples destinatarios y su finalidad es contribuir a una mejor toma de decisiones, tácticas y estratégicas, en todas aquellas actividades en las que el tiempo o el clima resultan relevantes (aunque es difícil imaginar una actividad que de una manera u otra no se encuentre influenciada por el tiempo o el clima).

La información proporcionada por AEMET es por tanto muy amplia y variada abarcando desde datos de observación, predicciones y avisos a diferentes plazos hasta análisis y proyecciones climáticas a largo plazo. Sus destinatarios son tanto los ciudadanos en general como las autoridades (locales, autonómicas y nacionales) y las empresas o grupos de actividad económica.

De entre toda la información que se proporciona hay una que destaca en cuanto a su prioridad e importancia y para la cual AEMET presta especial atención y dedicación, se trata de la información relacionada con la seguridad de personas y bienes. Los avisos de fenómenos meteorológicos adversos (Plan Metoalerta) y la información relacionada con la seguridad aérea y marítima son prioridades absolutas de AEMET. Para más detalle se pueden consultar los artículos en este mismo número (Fenómenos Adversos: Una prioridad básica de AEMET y Los servicios meteorológicos de AEMET en el marco del cielo único europeo).

### **2.1.- La predicción**

El estatuto de AEMET asigna como funciones básicas (artículo 8) entre otras, la elaboración, suministro y difusión de informaciones meteorológicas de interés general para los ciudadanos en todo el ámbito nacional,



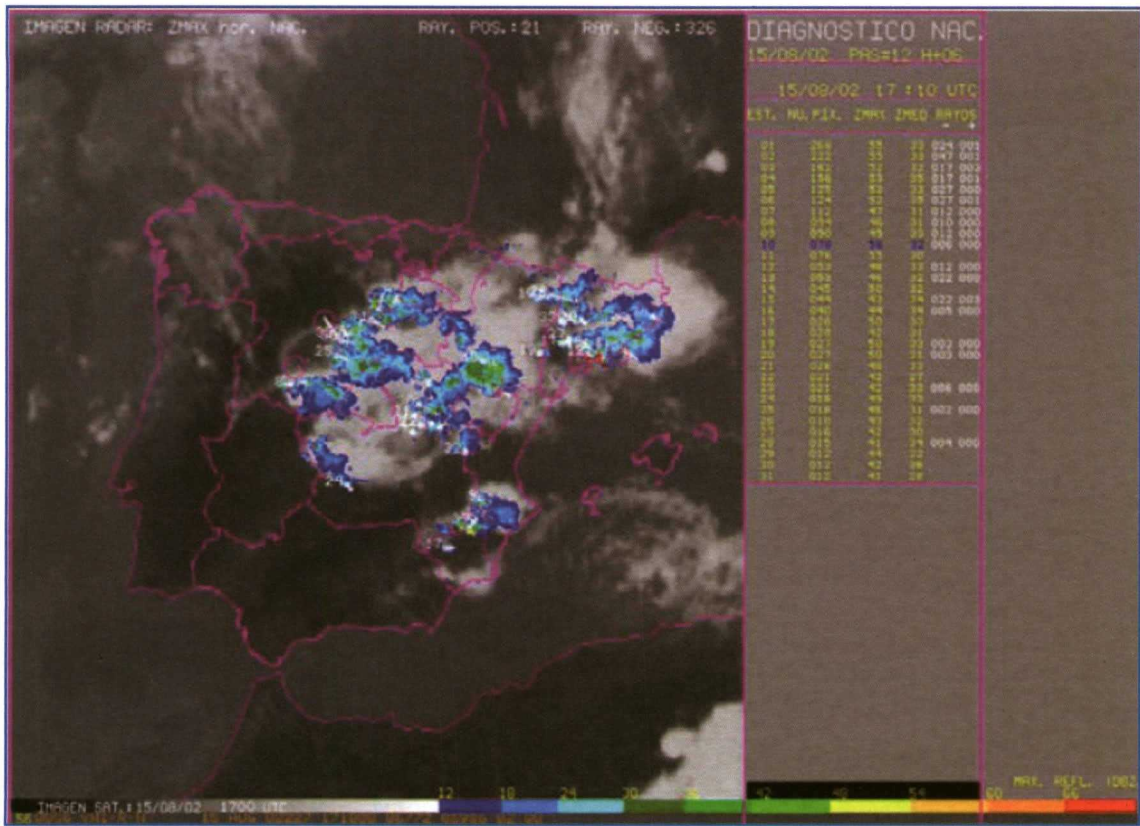
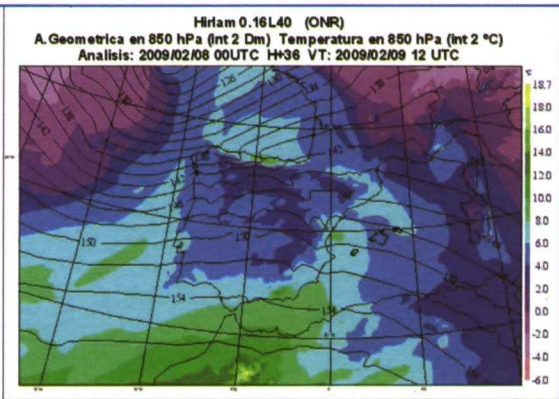
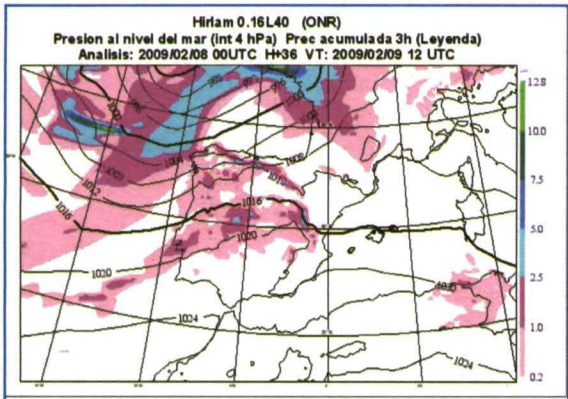


Imagen que combina información satélite (Meteosat) junto con la red de radares y de rayos de AEMET para la vigilancia de la convección.





la emisión de avisos y predicciones de fenómenos meteorológicos adversos, la provisión de servicios meteorológicos de apoyo a la navegación aérea y marítima así como el suministro de información meteorológica necesaria para las Fuerzas Armadas. El Sistema Nacional de Predicción es la respuesta de AEMET para el cumplimiento de estas funciones. El mismo está compuesto por una serie de centros operativos, un equipo humano especializado y una infraestructura tecnológica de soporte.

Los centros operativos del SNP son el Centro Nacional de Predicción (CNP) que coordina y desarrolla las actividades de predicción y vigilancia a escala nacional, 11 Grupos de Predicción y Vigilancia (GPV) a escala regional, y el Centro Nacional de Predicción de Defensa (CNPD) —con competencia en el apoyo a la Defensa, tanto sobre la totalidad del territorio nacional, como para las actividades de las unidades militares desplegadas en el exterior—.

Todos estos centros están dotados de equipamiento avanzado y de personal especializado en cada ámbito de actuación, con funcionamiento permanente, 24 horas al día, los 365 días del año. Este Sistema Nacional suministra el conjunto de informaciones, avisos y predicciones meteorológicos tanto universales —para el conjunto de la sociedad— como esenciales para usuarios y sectores específicos, como la Defensa Nacional y la navegación aérea y marítima.

Su producción anual es aproximadamente:

- \* 5.000 avisos de fenómenos meteorológicos adversos.
- \* 4.700 predicciones a nivel estatal.
- \* 43.000 predicciones para Comunidades Autónomas.
- \* 73.000 predicciones provinciales.
- \* 60.000 predicciones específicas para aeródromos.
- \* 2.000 mapas aeronáuticos.
- \* 1.500 predicciones para zonas de alta mar.
- \* 5.000 predicciones para zonas marítimas cercanas a la costa.
- \* 15.000 predicciones específicas para Defensa.

Además de estos productos de tipo general, el SNP genera y difunde multitud de predicciones específicas con diferentes alcances (desde muy corto plazo a medio plazo) para sectores concretos de actividad: sector energético, agrícola, incendios forestales, hidrológico, seguros, turístico, construcción, ocio, transporte, salud, etc.

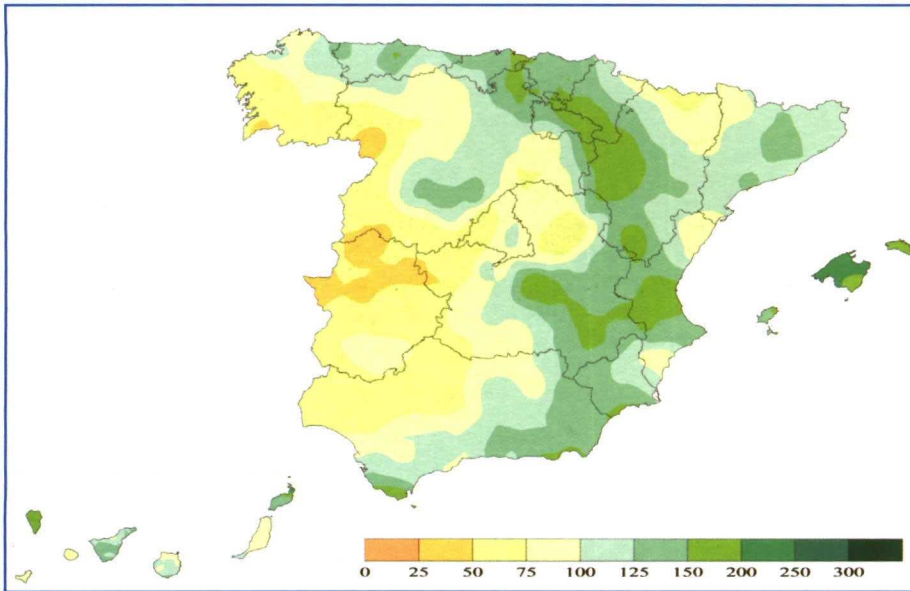
Este sistema formado por el CNP, los GPV y el CPND,

junto con el apoyo recibido desde otras unidades técnicas del INM, constituye la mejor solución entre la necesaria especialización y atención regional, la coordinación nacional de carácter global y los cuantiosos recursos humanos y materiales que requiere la moderna predicción y vigilancia meteorológica. Las técnicas utilizadas por el SNP para desempeñar sus funciones varían en función del alcance de la predicción y de la finalidad de las mismas. Para las actividades de vigilancia y predicción a muy corto plazo (pocas horas) resulta fundamental la intervención de los predictores basándose en la combinación de la información de las redes de teledetección (satélites, radares, red de rayos, estaciones meteorológicas automáticas etc.). Para las predicciones a corto plazo (de uno a dos días), la herramienta fundamental son los modelos numéricos de corto plazo. AEMET desarrolla (en un marco de cooperación europea) y opera un modelo de área limitada, el modelo HIRLAM (High Resolution Limited Area Model) con varios dominios y resoluciones espaciales (0,16° y 0,05° de latitud-longitud). Por último, para la predicción a plazo medio (hasta 10 días), se utilizan los resultados del modelo global del Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio (CEPPM), organización participada por AEMET y cuyo modelo está considerado como el mejor del mundo.

## 2.2.- La Climatología

El análisis y vigilancia del clima y su proyección futura constituye otra de las actividades básicas de AEMET. La información procedente de las diferentes redes de observación, una vez depurados y controlados en su calidad, son incorporados al Banco Nacional de Datos Climatológicos, que constituye la memoria histórica del clima en España.

A partir de estos datos, AEMET genera informes periódicos sobre el clima, tanto a nivel nacional como regional (Boletines Climatológicos), y emite certificados e informes a solicitud de los usuarios, siendo además un activo importante para todo tipo de investigaciones sobre el clima y cambio climático. En este sentido, AEMET atiende cerca de 9.000 solicitudes anuales de prestaciones meteorológicas que realizan usuarios específicos y 5.000 solicitudes de certificados e informes oficiales sobre

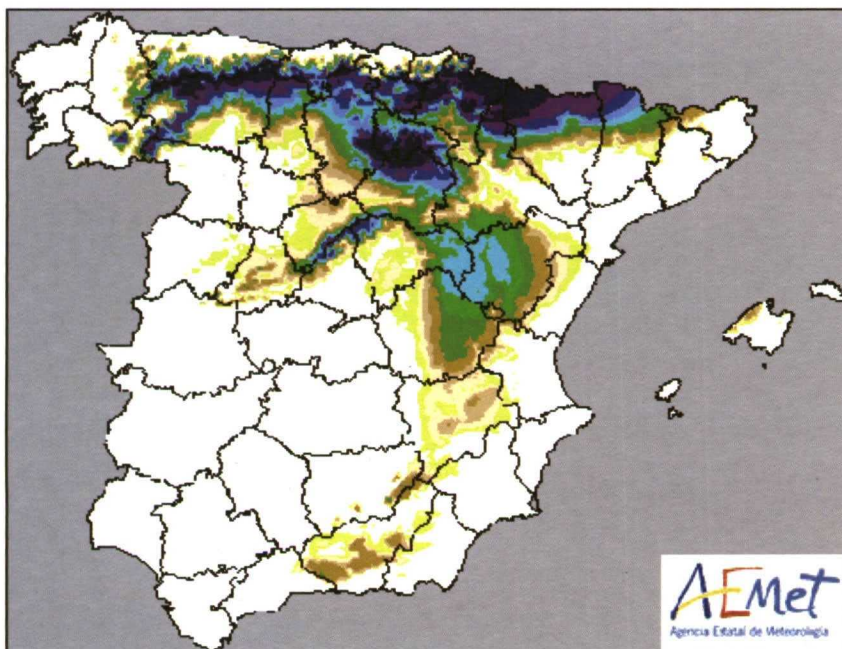


Porcentaje de precipitación respecto de la normal

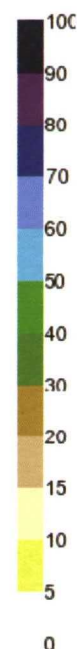
situaciones de naturaleza meteorológica relativos al tiempo atmosférico pasado que elabora la Agencia como autoridad meteorológica del Estado. Por último, AEMET contribuye de manera decisiva a la evaluación del cambio climático y sus impactos en España mediante la generación de escenarios regionalizados de cambio climático dentro del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC). Para mayor detalle se puede

consultar el artículo “Cambio Climático en España: lo que hace AEMET” en este mismo número.

### 3.- Las actividades Investigación y Desarrollo



Mapa de probabilidad de nevadas obtenido por postproceso de las salidas de los modelos numéricos



El progreso de las actividades operativas de la Agencia no sería posible sin el adecuado soporte científico a las mismas. La meteorología es una ciencia en constante y acelerado desarrollo, desarrollo marcado por dos aspectos fundamentales: el avance en las técnicas de observación (fundamentalmente de teledetección y en particular a través de satélites meteorológicos) y la mejora de los modelos numéricos de predicción y de aplicaciones. La incorporación de



estos avances a la operación diaria y a la cadena de producción estos avances es todo un reto al que se enfrenta la AEMET.

Las actividades de I+D de AEMET están enfocadas a la mejora de los productos y servicios proporcionados por la misma. Se centra, por un lado, en profundizar en el conocimiento de los fenómenos meteorológicos que nos afectan, y por otro en la mejora de las técnicas y herramientas para su análisis y predicción a diferentes plazos.

Fenómenos meteorológicos como tormentas severas, sistemas convectivos, ciclones mediterráneos, sistemas tropicales etc. constituyen materia de estudio continuo con objeto de conocer mejor su comportamiento y derivar técnicas para su mejor diagnóstico y predicción.

En el campo de la predicción inmediata y a muy corto plazo, AEMET mantiene una actividad muy importante de investigación y desarrollo para la puesta a punto de técnicas de análisis y diagnóstico basadas en la integración de datos procedentes de teledetección (satélites, radares y redes de rayos) así como en el desarrollo de modelos numéricos meteorológicos que asimilen esta información y que constituirán la herramienta del futuro en este plazo de predicción.

AEMET lidera un consorcio internacional en el que participan los Servicios Meteorológicos Nacionales de Francia, Suecia y Austria, encargado de desarrollar aplicaciones y productos para predicción inmediata y muy corto plazo a partir de los nuevos satélites meteorológicos de EUMETSAT: Meteosat Segunda Generación (MSG) y Sistema Polar Europeo (EPS). Las aplicaciones desarrolladas en este proyecto son ampliamente usadas en los servicios meteorológicos europeos.

En el campo de la predicción numérica del tiempo, AEMET lleva a cabo actividades de desarrollo y operación de modelos meteorológicos desde hace casi 25 años. Desde comienzos de la década de los noventa participa en el consorcio europeo HIRLAM (High Resolution Limited Area Model) contribuyendo de manera decisiva al desarrollo de un modelo regional de alta resolución, que constituye la base de la predicción a corto plazo en AEMET. Este consorcio está integrado por los Servicios Meteorológicos de Noruega, Suecia, Finlandia, Dinamarca, Holanda, Irlanda, España, Islandia, Lituania, Estonia y Letonia, en colaboración con el

de Francia. Recientemente, la colaboración en este terreno se ha extendido a los países de Europa del Este, Francia, Portugal y Marruecos agrupados en el Consorcio ALADIN. En este marco, AEMET trabaja ya en el desarrollo de la próxima generación de modelos de mesoescala (HARMONIE) de muy alta resolución (hasta 2.5 km) con vistas a su puesta en operación en los próximos años. Con esta nueva generación de modelos se pretende mejorar el pronóstico de los fenómenos adversos, así como obtener unas predicciones locales más precisas.

Los modelos numéricos son la base de la predicción a corto y medio plazo, no obstante, debido a la difícil determinación de las condiciones iniciales (análisis) así como a las simplificaciones inherentes a la propia formulación de los modelos, sus predicciones están sujetas a una determinada y variable incertidumbre, lo que hace necesario desarrollar técnicas de postproceso estadístico que permite, entre otras cosas, formular las predicciones en términos de probabilidad.

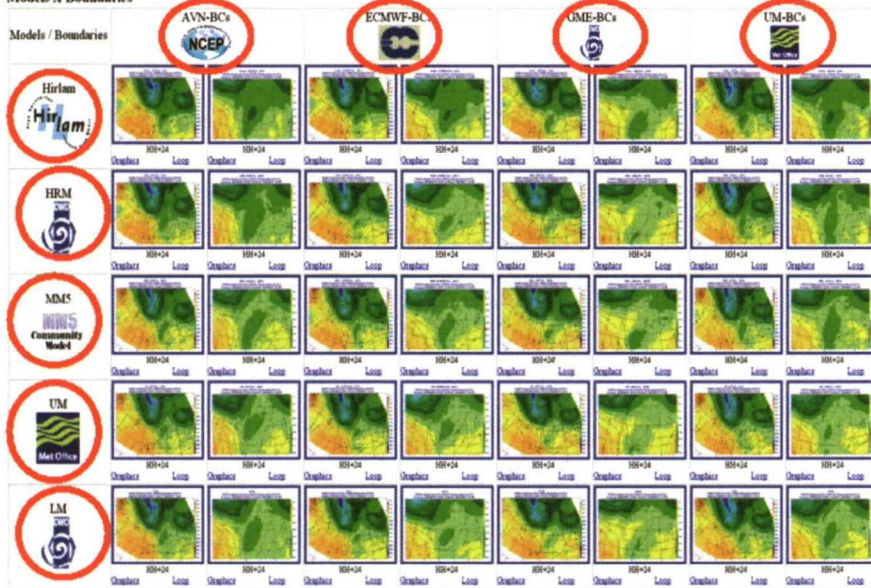
AEMET trabaja activamente en el desarrollo de una Base de Datos Digital de Predicciones (BDDP) que integre las salidas de los modelos numéricos y el resultado del postproceso estadístico y que permita al predictor interactuar con la misma para modificarla y adaptarla de tal manera que sirva para de base para la generación automática de un gran número de productos en el rango del corto plazo.

Otra técnica utilizada para mejorar la estimación de la incertidumbre de los modelos es la llamada predicción por conjuntos, que intenta explorar el grado de predecibilidad de la atmósfera en cada situación meteorológica. Básicamente consiste en disponer, no del resultado único de un modelo, sino de un conjunto de resultados posibles (que se obtienen variando las condiciones iniciales y/o las características del modelo). El tratamiento estadístico de las diferentes soluciones proporciona predicciones probabilísticas. Esta técnica es ampliamente usada en el Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio (tanto para las predicciones operativas como para las mensuales y estacionales de su modelo global). AEMET ha desarrollado y experimenta un sistema de predicción por conjuntos para el corto plazo (SREPS Short Range Ensemble Prediction System) usando cinco modelos numéricos regionales diferentes de mayor resolución que parten de diferentes estados iniciales y que son conducidos por cuatro modelos globales como condiciones de contorno.



## Multimodel-Multiboundaries

Run: D-3, 12UTC, H+00, H+06, H+12, H+18, **H+24**, H+30, H+36, H+42, H+48, H+54, H+60, H+66, H+72  
500hPa Height & Temperature  
Models X Boundaries



Mapas que muestran las predicciones diarias de los modelos que constituyen el Sistema experimental de Predicción por Conjuntos de Corto Plazo de AEMET, SREPS. En cada fila dos mapas presentan la predicción del modelo regional forzado por cada uno de los cuatro modelos globales utilizados.

Otras actividades de I+D realizadas por AEMET están relacionadas con el desarrollo de aplicaciones y productos específicos para determinados sectores de actividad (hidrológico, agrícola, energética, marítima, ocio, etc.), asimismo AEMET desarrolla actividades de I+D en temas de calidad del aire y cambio climático que se describen detalladamente en otros artículos en este mismo número a los que se remite para un mayor detalle.

## 4.- El Capital Humano

Como hemos visto en los apartados anteriores AEMET, para cumplir con las funciones asignadas requiere de un despliegue tecnológico muy importante, pero esto no basta, el verdadero activo de AEMET y lo que la diferencia radicalmente de otras empresas u organismos que ofrecen información meteorológica, reside en sus cerca de 1.500 profesionales altamente cualificados y especializados en los que reside el Know-How de más de 100 años de experiencia como Servicio Meteorológico Nacional. El ciudadano debe saber que, en cualquier momento del día o de la noche, cualquier día del año, hay un grupo de profesionales de AEMET trabajando al servicio de la sociedad española (realizando observaciones, vigilando la evolución de los fenómenos meteorológicos, elaborando predicciones y avisos, proporcionando información a las autoridades, etc.). Esto resulta especialmente importante en un mundo globalizado, en el que el ciudadano, a través por ejemplo de Internet, puede encontrar multitud de fuentes de información meteorológica, pronósticos, e incluso avisos, y que en ocasiones pueden ser contradictorios y que le pueden llevar a la confusión. **a**