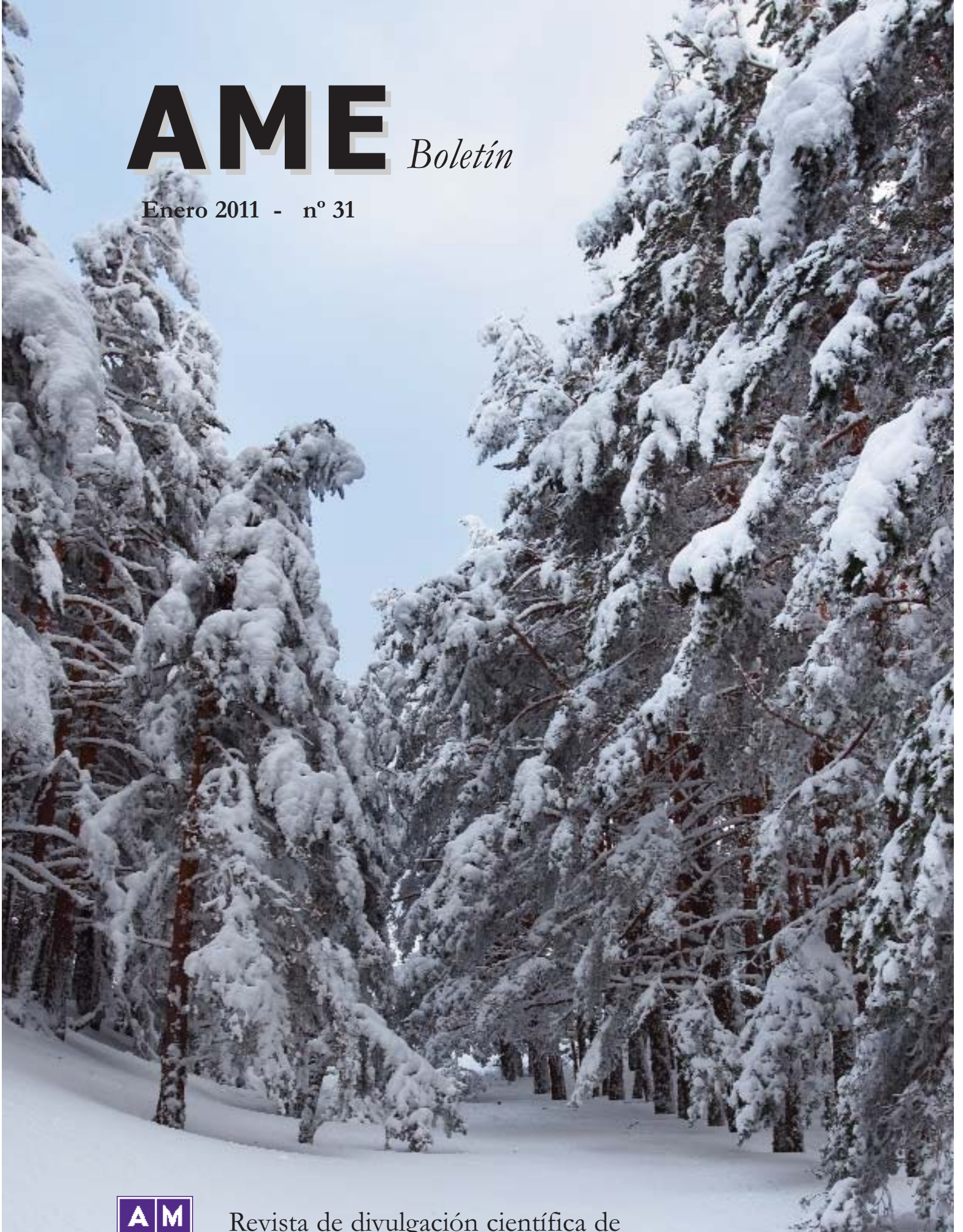


AME *Boletín*

Enero 2011 - nº 31

Revista de divulgación científica de
la Asociación Meteorológica Española

Sumario

Boletín de la Asociación Meteorológica Española
Enero de 2011 • Número 31 • Quinta etapa

EDITA:

Asociación Meteorológica Española

DIRECTOR:

Fernando Aguado Encabo

REDACCIÓN:

Luis Balairón Ruiz
Francisco Pérez Puebla
Ángel Alcázar Izquierdo
Antonio Mestre Barceló
Ernesto Rodríguez Camino
Lorenzo García de Pedraza
Manuel Palomares Calderón
José María Sánchez-Laulhe Ollero

DIRECCION POSTAL:

Boletín AME.
Apartado 60025. 28080, MADRID

WEB: www.ame-web.org

Boletín de difusión gratuita entre los socios de la AME. Suscripciones por encargo en página Web. Precio de la suscripción anual 2011: 28 euros

Impreso en España por
S.A. de Fotocomposición
Tirada de 1000 ejemplares
Dep. Leg: M-10961-1976
I.S.S.N: 1696-764X.

COLABORACIONES:

Se invita a enviar contribuciones y correspondencia relativa a todos los aspectos de la meteorología, climatología y ciencias afines

La responsabilidad por las opiniones vertidas en dichas contribuciones es exclusivamente de sus autores

Los envíos deberán dirigirse a la dirección postal o a la dirección de e-mail: boletin@@ame-web.org

3 PRESENTACIÓN
4 BUZÓN
5 ACTIVIDADES AME
10 NOTICIAS
20 CRÓNICA DEL TIEMPO: El otoño de 2010
26 LA IMAGEN DEL OTOÑO: Borrascas vecinas
44 CONGRESOS: Dos reseñas y muchas citas
47 LIBROS: Comentamos dos

COLABORACIONES

15 Anemómetros sónicos y de cazoletas: dos instrumentos distintos en nuestra red de observación *por Manuel Lara*
24 Tercer Premio Meteo-reportaje 2009 *por Jordi Martín*
28 El proyecto SAF de *Nowcasting* (NWCSAF) *por Cecilia Marcos y Pilar Fernández*
31 NWCSAF: Producto de precipitación convectiva *por Cecilia Marcos y Antonio Rodriguez*
35 NWCSAF: Productos de aire claro *por Miguel Ángel Martínez y Ramiro Romero*
38 La observación de las tormentas eléctricas desde satélite *por Francisco Pérez Puebla*
41 Barómetros con historia (primera parte) *por José Miguel Viñas Rubio*
50 Necrológica de José Luis Jiménez *por Amadeo Uriel González*

Portada: Nevada sobre el puerto de Navafría (Segovia). 20 de febrero de 2010.
Contraportada: Bruma y contaminación sobre Madrid. 16 de enero de 2011 tomada desde el Pico de la Najarra, situado a 2.100 metros de altitud en la Sierra de Guadarrama.
Autor de ambas fotos: José Antonio Quirantes Calvo

Presentación

José Antonio Maldonado
Presidente de AME

Estimados socios y amigos de la AME:

Se acerca el final de la legislatura, puesto que como bien sabéis las elecciones serán el próximo mes de abril y va a producirse una renovación casi total de la Junta Directiva (solo permanecerán dos personas) pero eso no significará un cambio en la línea de actuación que en los últimos años viene caracterizando a la AME. De hecho cuatro, además de los que continúan, ya han pertenecido a la Junta anterior y salieron de la misma porque el periodo máximo continuado que se puede ocupar un cargo es de cuatro años pero, algunos de ellos, han seguido colaborando con la misma intensidad que cuando eran integrantes.

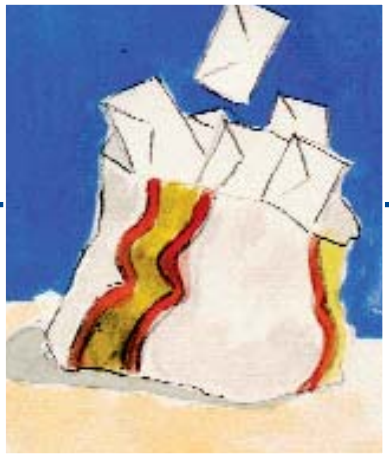
Entre las actividades realizadas últimamente, señalaré el X Encuentro Nacional de Aficionados, que se celebró en Madrid los días 30 y 31 de octubre y el 1 de noviembre. Fueron muchos los participantes y tengo la impresión, porque tuve ocasión de conversar con ellos, que se marcharon sumamente satisfechos. La organización en su opinión, que es también la mía, había sido perfecta (hay que felicitar a quienes la llevaron a cabo), y las ponencias y las visitas les habían resultado del máximo interés. Desde aquí deseo agradecer, asimismo, las facilidades que nos dio el Presidente de AEMET y el desinterés con que varios de sus miembros se prestaron a colaborar de una u otra forma.

Con respecto al Calendario Meteorológico Europeo deseo informaros de los satisfactorios resultados obtenidos, que aparecen detallados en la página 9 de este Boletín y agradecer a todas las personas que han colaborado en él desde diversos puntos de la geografía española por el esfuerzo que han realizado y también, una vez más, al presidente de AEMET por las facilidades que nos ha dado en todo momento y por el apoyo de la institución que preside, que ha sido, una vez más, decisivos para el éxito del proyecto.

El año pasado, por estas fechas, estábamos dando los últimos toques a la preparación de las XXXI Jornadas Científicas de la AME que tendrían lugar en Sevilla y coincidirían con el X Encuentro Hispano-Luso. En esta ocasión las Jornadas y el Encuentro se celebrarán en el país vecino, con arreglo al acuerdo que tenemos con la APGM (Asociación Portuguesa de Meteorología y Geofísica). Así como en la pasada edición fueron muy numerosos los trabajos aportados por miembros de la AME, en la presente, habiendo finalizado ya el plazo de presentación, son muy escasos. Pese a ello (estar fuera de plazo) animamos a quien esté interesado a que se ponga en contacto con Ernesto Rodríguez Camino porque ese problema se puede aun subsanar y sería una pena acudir a Portugal con tan pobre representación española.

El viernes, día 27 de enero, nos reunimos por parte de la Junta de la AME, Francisco Pérez Puebla y quien esto escribe, con varios miembros de la AEC (Asociación Española de Climatología), con su Presidente a la cabeza, a petición de ellos, siendo el tema a tratar la cooperación entre las dos asociaciones de forma que ambas salgamos beneficiadas. Se expusieron varios puntos de los que hemos de dar cuenta al resto de la Junta de la AME en la próxima sesión para tratar de plasmar los mismos en un acuerdo, aunque, lo más conveniente creo que será que inicie la tarea la Junta que tomará posesión en Abril. Pero esto, como digo, es algo a debatir.

Un cordial saludo para todos



Buzón

Esta sección está abierta a todos los comentarios, sugerencias y opiniones que creáis oportunas y enviéis a

boletin@ame-web.com

entendiéndose que las mismas son de vuestra exclusiva responsablidad

Sobre heladas negras

El hielo negro, al contrario de lo que pueda indicar su nombre, no se ve, es un hielo totalmente transparente que se confunde con el camino, senda, roquedo o asfalto que vayamos a pisar, de ahí viene su peligro. Su formación sobre las superficies, se produce con pocas burbujas de aire en su interior, lo que hace que sea un hielo totalmente transparente, siendo a su vez muy pulido, por lo cual es muy fácil perder el equilibro si lo pisamos ya que no esperamos su presencia y no estamos alertados, situación que se agrava en zonas de alta montaña, ya que puede producir caídas al vacío.

Miraflores de la Sierra, con su ubicación en zona de ladera, es muy propicio para encontrar este fenómeno, si observáis muchas noches estamos bajo cero, pero los coches no tienen la típica capa de escarcha sobre el mismo, sin embargo, según vamos acercándonos a zonas aledañas a los fondos de valles o cauces fluviales, vemos como el campo está blanco o los vehículos si tienen esas característica capa de hielo sobre los mismos ¿Cuál es la causa de este fenómeno? el viento ladera que sopla por la noche en nuestro municipio

Estas heladas de advección o negras son relativamente frecuentes en lugares de ladera o media montaña por lo ya explicado y es que suelen venir acompañadas de viento. Ante estas situaciones, lo mejor por la mañana antes de salir de casa es...mirar el termómetro

Javier Caballero (socio de la AME)

La participación tiene premio patrocinado por AEMET: En cada número, el Comité de Redacción de este Boletín premiará la carta que tenga, a su juicio, un mayor interés para los lectores. Para el próximo número, el premio será un ejemplar del nuevo "Atlas Climático Ibérico". En este número, que inicia esta novedad, regalaremos un ejemplar del Calendario Meteorológico Europeo a los autores de cada una de las tres cartas que hemos recibido.

Los Encuentros de Aficionados

Con el X ENAM todavía en la retina, me gustaría hablar de la importancia de este tipo de encuentros para los aficionados. Las conferencias son una parte importante de los ENAMs y de los cursos que se realizan en Valsaín. En ellas, destaca el carácter divulgativo de las charlas, amenas y muy interesantes, poniendo como ejemplo la temática sobre las supercélulas del curso de Valsaín o el estudio de diversos episodios meteorológicos severos que se llevan a cabo en los distintos Encuentros Nacionales. La otra parte importante es que se consigue reunir a aficionados y expertos venidos de los puntos más diversos de nuestra península. También se realizan actividades lúdicas, como la visita al ciudad de las artes y las ciencias de Valencia en 2005, al monasterio de Monserrat en el Encuentro de Colbató, a la ria de Bilbao y al *Aquarium* de San Sebastian en el IX ENAM de Barakaldo o la visita a los estudios de RTVE y a la Unidad Militar de Emergencias en el ultimo encuentro realizado en Madrid. En increíble poder compartir opiniones y actividades con estos aficionados y expertos, a parte de lo que se aprende escuchándoles. También me gustaría agradecer la labor de la AME y de AEMET, por que sin ellos no seria posible la realización de estos encuentros.

Daniel Alvarez (socio de la AME)

El clima en Chicago (EEUU)

Lo primero que uno percibe cuando llega en verano a Chicago (por motivos de estudio) es la influencia del Lago Michigan en su clima. La alta humedad que genera que, aunque las temperaturas son similares o algo inferiores a las del centro de la Península Ibérica (Madrid), el calor se sienta de una manera mucho más acusada. Esta circunstancia unido a las tormentas producidas de una manera mucho más frecuente que en Madrid y a la multitud de días con vientos constantes hacen distar los veranos de ambas ciudades. Todas las semanas se puede disfrutar de tormentas que se alargan en el tiempo hasta el mes de Noviembre.

El verano parece extenderse mucho en el tiempo con unas temperaturas que caen paulatinamente y sin grandes cambios a lo largo de los meses de septiembre y octubre. Le sucede un otoño corto que finaliza de una manera bastante brusca en la mitad del mes de Noviembre cuando las temperaturas apenas suben de los 40ºF. Entre finales de Noviembre y principios de Diciembre se produce el mayor cambio en el clima de la ciudad, los días agradables del otoño se convierten en días fríos y nublados en los , este es el periodo del año mas distante con respecto al clima de Madrid, desde diciembre los días por debajo de 0ºC son números así como los días de precipitaciones débiles y las ventiscas producidas por el viento que azota con bastante asiduidad esta región todo el año. La ciudad cambia por completo, la nieve permanece inamovible de los parques y jardines y el lago Michigan se congela cuando comienza el nuevo año. El invierno es más largo que en el centro de España, siendo los días fríos constantes hasta el mes de Abril que da comienzo a la primavera y la subida de temperaturas y humedad.

Adrián Muñoz (socio de la AME)

Actividades AME

Elecciones 2011 para renovar la Junta Directiva de la AME

EL pasado mes de noviembre, el Presidente de la AME convocó, de acuerdo con los estatutos, las elecciones para renovar la Junta Directiva de la asociación mediante una circular remitida a los socios, cuyo texto se puede consultar en la página Web de la AME (www.ame-web.org).

Recordemos que el Capitulo II de los estatutos de la AME determinan que esas elecciones se han de celebrar cada dos años dentro de los cuatro primeros meses del ejercicio, que limitan la presencia de los miembros de la Junta a un máximo de cuatro años (dos mandatos consecutivos) y que establecen procedimientos que garantizan la trasparencia del proceso electoral.

Aunque solo cinco miembros de la actual Junta estaban obligados a dejar su puesto, al final algunos más han optado por hacerlo, para facilitar la incoporación de otros.

Pasado el plazo fijado para la presentación de candidatos, la Junta Directiva de la AME proclamó, en su reunión de 20 de diciembre de 2010 la candidatura que concurrirá a las elecciones. Esta candidatura está compuesta por doce miembros (los mismos que hay que elegir) pero en ella se incluye a todos los socios que han expresado su voluntad de formar parte de la próxima Junta Directiva.

Ellos mismos se presentan más abajo para daros a conocer sus ilusiones e inquietudes. Podréis votar por correo a los que estiméis oportuno usando el material que la AME os enviará a vuestro domicilio en breve. La apertura del perido de votación dará comienzo el 1 de febrero y finalizará el 10 de abril de 2011, día en que se realizará el escrutinio en el Salón de Actos de la sede central de AEMET. Desde el Boletín os llamamos a la participación y a apoyar con vuestro voto a la próxima Junta Directiva.

Francisco Pérez Puebla. AEMET - Dirección de Producción e Infraestructuras

Tras esta larga etapa de continuidad en la AME, para cumplir con nuestros fines de divulgación científica es necesario extender la suscripción de nuestros proyectos a colectivos que nos faciliten una presencia e influencia en todos los niveles de enseñanza y la formación de una cantera de socios y colaboradores que implanten una red meteorológica escolar. Para esa expansión natural resulta clave acceder a los colectivos de trabajadores de la naturaleza, entre ellos los agentes forestales y los educadores medioambientales a los que podemos proporcionar servicios de formación en meteorología y climatología y colaborar con ellos en la implantación de una red temática sobre meteorofenología

Amadeo Uriel González. AEMET - Delegación Territorial en Aragón

Soy socio de la AME desde mi ingreso en el Instituto Nacional de Meteorología en 1984 y durante los dos últimos años he formado parte de la Junta Directiva. Al igual que cuando me presenté a la última candidatura, mi intención es poder colaborar con los proyectos en marcha y otros nuevos que se susciten, desde el ámbito territorial de Aragón y comunidades limítrofes. Considero muy importante continuar avanzando en la línea de transformación y apertura a la sociedad de la AME, tratar de incrementar el número de socios y buscar nuevas vías de financiación que acrecienten las actuales, lo cual ha de pasar necesariamente por el reforzamiento de las relaciones institucionales externas con diversas fundaciones e instituciones.

Eugenio Arenas Marjalizo. Webmaster del portal de meteorología tiemposevero.es

Emprender un nuevo proyecto es siempre difícil y más si quien te ha precedido ha dejado el listón tan alto. Por eso, si soy elegido vocal de la AME, lo mejor que puedo hacer es seguir la línea de trabajo que Pedro Serrano ha llevado y que ha sido muy fructífera. En estos años la presencia de los aficionados ha sido muy enriquecedora para todos. Hemos demostrado con nuestras ideas, esfuerzo y trabajo, que somos un eslabón mas de esta cadena. Por su parte, la AME se ha tomado muy en serio nuestra contribución y se ha volcado con nosotros, como así lo demuestra su implicación en cursos dirigidos específicamente a aficionados y su participación en los distintos ENAM. Ahora toca "mojarse" para seguir por este camino.

Juan Antonio de Cara García. AEMET - Dirección de Producción e Infraestructuras

Mi interés se centra en las relaciones tiempo-clima-paisaje y en las expresiones estacionales de ellas a través de la fenología. La AME puede servir para la divulgación de este mundo de relaciones de alto valor lúdico y educativo. Podemos transmitir el valor de la observación como base del estudio del Sistema Climático y de la Biodiversidad. La ecológica idea de interrelaciones puede impregnar a la propia Asociación, en el sentido de fomentar las relaciones con otras asociaciones y colectivos vinculados con el medio ambiente. Para ello hay que potenciar la web, la revista, los ciclos de charlas del Aula Morán, las Jornadas y los cursillos al exterior (guardas forestales, profesores de secundaria, etc.).

Jonathan Gómez Cantero. Presidente de la asociación universitaria GEOnopia

La AME ha logrado establecerse como una asociación de prestigio en nuestro mundo meteorológico, por ello se hace de vital importancia mantener el dinamismo y por supuesto compañerismo, que nos hace a todos aprender y mantenernos unidos, pero sin olvidar la importante labor divulgativa que nos ha traído hasta este momento. Como tutor de Climatología Dinámica por *Turfs University and Skidmore College* (EEUU) y autor de varios informes sobre fenómenos extremos aportaré todos mis esfuerzos en seguir manteniendo el camino de la AME, dándola una mayor proyección entre los aficionados, sin los que nada de esto podría existir, ademásde abrir nuevas puertas para que entre todos nos demos más a conocer.

Antonio Mestre Barceló. AEMET - Dirección de Producción e Infraestructuras

La AME ha superado en los últimos años el difícil reto de consolidar sus actividades y al tiempo irse abriendo de forma gradual a un colectivo cada vez más amplio de profesionales de la meteorología y de aficionados, cuyo dinamismo y entusiasmo ha enriquecido a la Asociación. En el caso de ser elegido prestaré mi colaboración, desde mi propia experiencia en el campo de la climatología y las aplicaciones, para profundizar en el camino que ya se está recorriendo de conseguir una mayor visibilidad de las actividades de la Asociación y un mayor compromiso de calidad en las Jornadas Científicas y en el Boletín.

Ernesto Rodríguez Camino. AEMET - Dirección de Producción e Infraestructuras

La AME ha consolidado en el curso de los años algunas actividades que son actualmente una referencia de nuestra asociación. Me gustaría dedicar mis esfuerzos desde la junta directiva a mejorar el nivel de calidad que es exigible a una asociación como la nuestra, tanto en lo que respecta a las Jornadas Científicas como al Boletín, implantando un sistema más formal de revisiones para aceptar trabajos en ambos foros.

María Luisa Sánchez Calero. UCM - Profesora de Ciencias de la Información

Divulgar e investigar el conocimiento de la ciencia meteorológica es una tarea que precisa del esfuerzo y el trabajo conjunto de instituciones, empresas, asociaciones, universidades y medios de comunicación para poder transmitirlo con rigor y exactitud. Reflexionar desde las asociaciones, investigar desde las universidades, divulgar desde los medios y formar por parte de los expertos, es una labor que implica la cooperación y el esfuerzo de todos. Y en este sentido, después de caminar durante años por esa senda desde la Universidad Complutense de Madrid y como periodista, presento mi candidatura a la AME para aportar mi cooperación, conocimiento y experiencia adquirida y luchar así en beneficio de todos.

Cayetano Torres Moreta. AEMET - Dirección de Producción e Infraestructuras

Estoy motivado a promover la profesión meteorológica y su práctica en nuestro país, siguiendo la estela de otras sociedades.. Si salgo elegido, me gustaría trabajar dentro de la Junta para que la AME proponga un código ético profesional y estudie la posibilidad de ofrecer servicios al sector de la meteorología en España, que pueden ir desde una bolsa de trabajo a la acreditación de profesionales y empresas. En suma, mi idea es impulsar junto a otros asociados el Art. 3 de los Estatutos, que establece como uno de los fines de la AME el de "colaborar y establecer relaciones con entidades públicas y privadas,… para mejorar el rendimiento de las actividades de este sector". Espero que apoyéis mi candidatura y me ayudéis a conseguirlo.

José Miguel Viñas Rubio. Comunicador científico, responsable de Divulgameteo

En los últimos años, la AME se ha visto revitalizada con la incorporación de un amplio y heterogéneo grupo de profesionales y aficionados que viven con pasión los más diversos aspectos de la Meteorología. Creo que hay que continuar por la misma senda, poniendo todo nuestro empeño en lograr que la AME siga creciendo y tenga una mayor presencia en la sociedad. Para ello, debe potenciarse, aún más, la participación en actividades divulgativas y formativas, y el papel –como voz autorizada– en los medios de comunicación. Si salgo elegido, aportaré mi experiencia profesional en ambas cosas, impulsando, entre otras tareas pendientes, la digitalización de los documentos históricos de la AME y la difusión del presente boletín.

Carlos Yagüe Anguís. Universidad Complutense de Madrid. Profesor de Meteorología

La pluralidad de la AME se manifiesta en las personas de diferentes ámbitos que la integran (aficionados, profesionales, empresa privada, Universidades y centros de investigación), todas ellas con el punto en común de querer conocer cómo funciona la atmósfera y los procesos que tienen lugar en ella. Uno de mis principales objetivos, en el caso de salir elegido para la próxima Junta de la AME, sería intentar ampliar la colaboración en las diferentes actividades de la Asociación por parte de los profesionales de la meteorología y la climatología que desarrollan su trabajo en la Universidad, especialmente a través de su participación en las Jornadas Científicas que con periodicidad bianual se están celebrando desde hace ya muchos años.

César Zancajo Rodríguez. AEMET - Dirección de Producción e Infraestructuras

Si salgo elegido intentaré aportar mi experiencia para impulsar la página web de la AME, de la que la Junta Directiva ha tenido a bien hacerme responsable. Aparte de eso, mis intereses se centran en las aplicaciones de la meteorología y climatología al sector agrario y en divulgar estos conocimientos en el mundo rural. La AME puede ser un vínculo entre las gentes del campo y los estudiosos del tiempo y el clima. En su web, la AME debe de reflejar ese interés, mostrándose cada vez más próxima a los aficionados a la meteorología desde la agricultura, ganadería, selvicultura y conservación, etc.. También se puede llevar este enfoque al resto de recursos que tiene la Asociación para llegar a la sociedad, como la revista, el aula Morán, etc.

X Encuentro Nacional de Aficionados a la Meteorología

Los pasados 30, 31 de octubre y 1 de noviembre se celebró el X Encuentro Nacional de Aficionados a la Meteorología. El encuentro tuvo lugar en Madrid y la sede central de AEMET fue el lugar donde se desarrollaron las ponencias y la mesa redonda.

El sábado 30 comenzó con la bienvenida del presidente de la AME D. José Antonio Maldonado y de D. José Antonio Fernández Monistrol (director planificación, estrategia y desarrollo comercial de AEMET). Antes de dar paso a las ponencias se rindió un pequeño homenaje a Josep Peinado i García, observador aficionado y organizador del VI ENAM, que falleció recientemente.

Las ponencias se iniciaron con la intervención de Darío Cano, hablando de los Episodios meteorológicos más relevantes de la CAM y le siguieron José Antonio Gallego en primer lugar y José Antonio Quirantes posteriormente, donde hablaron sobre el análisis, las estrategias de kaza y caracterización en radar de distintos tipos de tormentas. Finalizó la mañana con la charla de Josep Sort, responsable de la web Meteoclimatic, que habló de la historia del proyecto Meteoclimatic. Por la tarde los aficionados nos trasladamos a los estudios de RTVE en Torrespaña, donde el equipo al completo de "El Tiempo" de TVE nos recibieron y nos enseñaron como se elabora el espacio meteorológico. Los asistentes que lo desearon, pudieron utilizar el sistema de caracterización croma y las pantallas que Mónica, Albert y el resto del equipo utilizan diariamente cuando presentan el espacio de "El Tiempo"

El domingo 30 nos desplazamos en autobús hasta la base de la Unidad Militar de Emergencia. En una primera presentación nos explicaron la misión de la UME.

Posteriormente nos hicieron una demostración de una de sus intervenciones y nos mostraron uno de los vehículos todo erreno denominados Mérida. Como curiosidad, decir que este vehículo va equipado (entre otras cosas) con una estación meteorológica, sistema de posición por GPS, comunicaciones por IP, etc. Finalizada la visita nos trasladamos hasta Navacerrada, donde tras la comida, visitamos el Observatorio que AEMET tiene en el Puerto de Navacerrada, a 1.888 metros de altura.

El lunes 1 se inició con una breve charla sobre la "Validación del modelo PROMES en el campo viento. Aplicación a episodios adversos en la CAM". A cargo de David López-Rey Lumbreras (IMETCAM).

Posteriormente tuvo lugar la mesa redonda "Protocolos de actuación y comunicación ante situaciones de tiempo adverso" que se celebró el lunes 1 de Noviembre. El moderador fue Emilio Rey (TiempoSevero - Digitalmeteo) y el resto de los integrantes de la mesa redonda fueron: Ángel Alcázar (AEMET), Manuel Palomares (AEMET), Julio Somoano (Telemadrid) y Jacob Petrus (Telemadrid) y José Miguel Viñas (Divulgameteo). Se trataron temas como la necesidad de estudio sistemático del riesgo, del sistema de alertas Meteoalerta, y el trato por parte de los medios de comunicación de la elaboración de noticias y espacios del tiempo relacionados con la meteorología.

De la mano de Ángel Alcázar y Javier hicimos la última actividad del encuentro. Fue una visita guiada a las instalaciones de AEMET donde pudimos charlar con algunos de los predictores y ver en persona como realizan su trabajo.

Tras la visita se entregaron los diplomas acreditativos y se puso el punto y final al X ENAM no sin animar a los participantes para la organización del siguiente.

De forma paralela al encuentro, se celebró una edición especial del ya clásico concurso de predicción meteorológica (METEOPRED X ENAM) y el ganador de esta edición recibió como premio un altímetro digital Oregon Scientific EB833, patrocinado por la empresa RAIG.

Por último, desde aquí como miembro del comité organizador quiero dar los siguientes agradecimientos:

A la AME por haber sido el cauce necesario para llevar a buen término este encuentro.

A AEMET, por haber puesto su sede central a disposición de todos y por dar facilidades en TODOS los sentidos. Y como cabezas visibles: a José A. Maldonado y a José A. Fernández Monistrol.

A las personas u organismos directamente o indirectamente implicados: Ana Casals (AEMET-CAM) y Charo Díaz-Pabón (AEMET, adjunta a la presidencia), Valentín Porras (coordinación técnica AEMET), a todo el equipo de RTVE, a la Unidad Militar de Emergencias, a Luis Pantoja (AEMET-Navacerrada) y a Ángel Alcázar y a Javier Méndez (visita guiada AEMET)

A todos los ponentes, conferenciantes e invitados a la mesa redonda, que vinieron desinteresadamente al X ENAM asumiendo ellos mismos el coste del viaje si procedía. Y a los foreros de Meteored Damilme, Carboner y Maradentro por el emotivo homenaje a Josep-Meteo-Valencia

A mis compañeros del comité organizador Pedro Serrano, Alberto Lunas y Daniel Álvarez, por el esfuerzo realizado durante los meses previos al encuentro y durante la duración del mismo.

Reseña: *Eugenio Arenas Marjalizo*
Fotografías: *Alberto Lunas Arias*

La AME, AEMET, y la Fundación *La Caixa* colaboran en el Día Meteorológico Mundial

Como ya comentamos en nuestro número anterior la AME ha alcanzado un acuerdo de colaboración con la Fundación "La Caixa" y la AEMET para desarrollar un conjunto de actividades de conmemoración del próximo día meteorológico mundial en las instalaciones del museo COSMOCAIXA de la localidad madrileña de Alcobendas.

Las actividades estarán precedidas por la exitosa exposición "Comprender para sobrevivir al clima" que prolongará la exhibición que ha venido desarrollándose en esas instalaciones durante los últimos meses de 2010 hasta los días 12 y 13 de marzo de 2011, en los que tendrá lugar la programación especial del día meteorológico convenida. Todas las actividades serán gratuitas al venir incluidas en el precio de la entrada al museo y estarán dirigidas hacia un público familiar. Se compaginará su alto contenido científico con ciertas dosis de divulgación y el uso de herramientas multimedia para facilitar su comprensión.

A los talleres ya anunciados (Descubriendo la atmósfera, Nubes y meteoros, Observando la atmósfera, …etc.) se añade un programa audiovisual del Museo de la Ciencia de Valladolid conocido como: ¿De qué hablamos cuando hablamos del tiempo? del que se podrá disfrutar en el planetario digital de COSMOCAIXA. También se incorpora a las actividades un taller de manualidades, "Nubes y claros" dedicado a la construcción de aparatos meteorológicos de medida aprovechando material reciclado.

Si el tiempo lo permite, está prevista la realización por expertos de AEMET de dos radiosondeos en directo para que el público pueda contemplar la operación en vivo, tanto del lanzamiento del globo de helio como de la recepción e interpretación de la información recogida por radio en tiempo real de la exploración atmosférica en altura que realizará la sonda.

Simposio de la APMG

Como ya avanzamos en el número anterior, la *Asociaçao Portuguesa de Meteorología e Geofisica* ha convocado en el *Hotel do Sado* (Setúbal, Portugal) para los días 28 al 30 de marzo de 2011 su *7º Simpósio de Meteorología e Geofisica,* que se celebrará conjuntamente con el *12º Encontro Luso-Espanhol de Meteorología* y el XIV Congreso Latinoamericano e Ibérico de Meteorología. El tema elegido para este *7º Simpósio* es *Previsão e Modelação em Ciências Geofísicas.*

Como es sabido, los Simposios de la APMG se convocan cada dos años alternando con las Jornadas Científicas de la AME (de la misma periodicidad) por un acuerdo entre ambas sociedades meteorológicas que permite disponer cada año de un foro científico común para las comunidades meteorológicas española y portuguesa.

El hecho de que este año, la convocatoria se dirija también a la comunidad iberoamericana, se debe a que la APMG ostenta la presidencia de turno de la Federación Latinoamericana e Ibérica de Sociedades de Meteorología (FLISMET) y debe organizar su congreso y Asamblea General. 2011. De esta forma, el *Encontro Luso-Espanhol*, será este año, en realidad, un encuentro de ámbito iberoamericano. Confiemos en que un año de crisis como el que padecemos no afecte a la participación española más allá de lo razonable. Para ello está trabajando la AME, que espera hacerlo también para ayudar al fortalecimiento institucional de FLISMET, que es probablemente el elemento que más contribuiría actualmente a promover los fines fundacionales de la federación.

Edición castellana del Calendario Meteorológico Europeo

La AME finalizó el pasado 20 de enero la campaña de ventas de la edición castellana del Calendario Meteorológico Europeo con unos resultados que hay que considerar bastante satisfactorios, a pesar de que no se haya logrado distribuir todos los ejemplares de la edición (se han vendido un total de 329 de los 400 que había disponibles). Para completar el proyecto, solo resta que la Junta Directiva decida sobre el destino de los ejemplares sobrantes, cosa que está haciendo ya con criterios de utilidad para los fines de la asociación.

La parte medio vacía de la botella señala las dificultades que existen para rentabilizar el calendario europeo en su actual formato. Aunque la AME haya conseguido hacerlo (hay un superávit económico de 238 euros) ha sido a costa del gran esfuerzo realizado y la entusiasta colaboración de muchas personas y de AEMET. El ensayo de venta directa al público en tres tiendas ha sido muy desalentador, auque no exento de esperanza, a tenor de las sugerencias recibidas para cambiar el formato del calendario y acercarlo a los gustos del gran público.

En la parte medio llena, hay que ponderar la buena labor divulgativa que se ha realizado, el aumento del prestigio y la visibilidad de la AME y la colaboración activa de muchas personas que han trabajado en labores de *fontanería* o que han promocionado y distribuido el calendario en la geografía española, desde 15 Delegaciones de AEMET. A todos ellos, la AME quiere expresarles desde estas páginas su agradecimiento y también quiere hacerlo al Presidente de AEMET por todas las facilidades y apoyo que ha dado a este proyecto en un año tan difícil.

Noticias

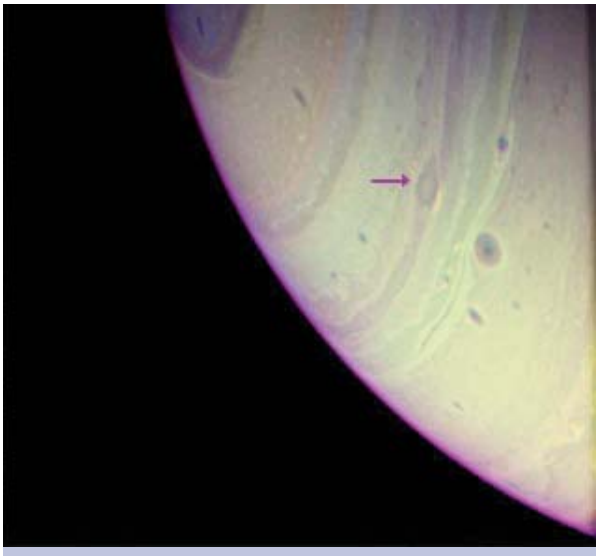
sección coordinada por

José Miguel Viñas

Ciclón estacionario en Saturno

FUENTE: *Servicio de Información de Noticias Científicas.*

Investigadores de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU) han seguido durante más de cinco años un ciclón en Saturno. Es el ciclón de mayor duración detectado hasta ahora en los planetas gigantes del Sistema Solar. Para realizar el estudio se han utilizado las imágenes de la sonda Cassini.



La flecha señala el gigantesco ciclón de Saturno, de unos 4.000 km de longitud. Imagen: Cassini ISS/Del Río-Gaztelurrutia et al.

UN equipo investigador, del Grupo de Ciencias Planetarias de la UPV/EHU. comenzó a seguir al ciclón en 2004, año en el que la sonda Cassini (NASA-ESA-Agencia Espacial Italiana) envió las primeras imágenes desde Saturno. Desde entonces hasta 2009, los científicos han confirmado la persistencia de este gigantesco ciclón, de un tamaño similar al continente europeo. El diámetro de su vórtice (óvalo circulatorio de la perturbación) llega a superar los 4.000 kilómetros.

"Los ciclones no suelen durar mucho, por lo que nos llamó la atención encontrar uno que permanecía durante varios años en Saturno", explica Teresa del Río-Gaztelurrutia, primera autora del estudio.

"Las observaciones convierten a este ciclón en el de mayor intervalo de tiempo conocido en los planetas gigantes del Sistema Solar, Júpiter y Saturno", destaca la investigadora, quien reconoce que todavía "sabemos muy poco sobre este tipo de estructuras". Aún así, el equipo ha analizado la morfología horizontal del ciclón, la estructura vertical de las nubes y su dinámica, además de crear un modelo de la circulación interna del ciclón y su interacción con los vientos externos mediante simulaciones matemáticas. Los resultados se han publicado recientemente en la revista Icarus.

Medir los vientos internos del vórtice resulta muy difícil debido al bajo contraste de las imágenes, pero los investigadores han logrado detectar que son "poco intensos" si se comparan con el propio movimiento del ciclón. El colosal torbellino se desplaza a 245 km/h, arrastrado por una intensa corriente en chorro, mientras que el valor máximo del viento en su periferia es de 72 km/h.

"Otro motivo de atención fue su aspecto visual, que recuerda mucho a la Gran Mancha Oscura de Neptuno, que, como la Gran Mancha Roja de Júpiter, es un anticiclón", apunta Teresa del Río. Los vientos de los anticiclones giran en sentido contrario a la rotación del planeta (sentido de giro referido al hemisferio sur) y son mucho más estables, lo que hace que sus vórtices sean mucho más longevos que los de los ciclones en los planetas gigantes. En contraste con los grandes y duraderos anticiclones de Júpiter, el ciclón de Saturno presenta una circulación débil y propiedades muy similares a las del entorno que lo rodea. Los científicos esperan impacientes la información de 2010 para conocer cómo ha evolucionado la perturbación durante este año. Los últimos datos disponibles son de 2009, debido a que la NASA libera las imágenes de la sonda Cassini con un año de retraso.

Nueva política de datos de AEMET

FUENTE: *Agencia Estatal de Meteorología.*

DESDE el pasado 30 de noviembre de 2010, la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) permite el acceso libre y gratuito por vía electrónica de un gran volumen de datos a través de su página web, si bien de forma progresiva los irá liberando en su totalidad.

AEMET adopta así una nueva política de datos que tiene en cuenta la importancia de la información meteorológica como elemento clave de apoyo a la sociedad y su papel dinamizador tanto de la I+D, como de muchas actividades ligadas a la Meteorología. Por otra parte, este nuevo enfoque está de acuerdo con las directrices europeas y españolas en materia de información medioambiental.

El acceso a la información gratuita se lleva a cabo por medios electrónicos. La página web incrementa de forma notable sus contenidos de datos de observación (http://www.aemet.es/es/eltiempo/observacion/ultimosdatos), al tiempo que se pone en operación un servidor de ficheros (ftp://ftpdatos.aemet.es/) al que se accede tanto directamente como a través del enlace "Servidor de datos" de la propia página web y en el que, en una primera fase, se pone a disposición del usuario la siguiente información:

- Datos diezminutales de unas 250 estaciones de observación de las redes de superficie de AEMET.
- Resúmenes diarios de más de 600 estaciones de observación de las redes de superficie de AEMET.
- Datos horarios de radiación solar de la red de medida de AEMET.
- Datos diarios de ozono total y sondeos semanales de ozono.
- Datos diezminutales de las redes de radares y de detección de rayos a intervalos de quince minutos.
- Salidas numéricas del modelo numérico de predicción HIRLAM-AEMET actualizadas cuatro veces al día (más de 1.000 campos por salida).
- Series completas de resúmenes diarios y mensuales de unas 110 estaciones climatológicas seleccionadas con, al menos, 15 años de antigüedad.
- Boletines codificados de observatorios españoles de intercambio internacional.

A lo largo de 2011, se ampliarán los contenidos de los conjuntos de datos anteriores y se incorporarán nuevos datos y productos.

Captura de la página web de AEMET donde aparece el mapa que permite el acceso a las últimas observaciones registradas en la red de estaciones de AEMET.

Las tormentas solares alertan a los científicos

FUENTE: *Ciencia@NASA*

MOTIVADOS por el reciente incremento en la actividad solar, más de cien investigadores y funcionarios del gobierno se reunieron el pasado mes de noviembre en Helwan, Egipto, para debatir sobre un asunto de importancia global: las tormentas solares. El "Primer Taller de la Iniciativa Internacional sobre el Estado del Tiempo en el Espacio" (ISWI) estuvo patrocinado por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), la Administración de Aeronáutica y el Espacio de EEUU (NASA) y la Agencia de Exploración Aeroespacial Japonesa (JAXA).

Logotipo de la Iniciativa Internacional sobre el Estado del Tiempo en el Espacio

La ISWI nació en 2008 después de que la Organización de las Naciones Unidas diera por finalizado el Año Internacional de la Heliofísica 2007 (IHY, por su siglas en inglés). La meta del IHY 2007 fue dar a conocer en todo el mundo la importancia de la heliofísica, la ciencia emergente sobre el tiempo en el espacio, y establecer vínculos interdisciplinares entre investigadores de diferentes campos. Cientos de seminarios, conferencias y reuniones, realizados en docenas de países durante el IHY 2007, sentaron las bases de esta iniciativa, que tiene como principal objetivo el de velar por la seguridad a nivel global ante un eventual aumento de la actividad solar.

En palabras de Joe Dávila, organizador de la reunión de Helwan y director ejecutivo de la ISWI, "las intensas tormentas solares pueden dañar las redes de energía eléctrica, inhabilitar satélites y confundir al Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Una de las claves para resolver el problema es el establecimiento de un sistema coordinado de observación que abarque a todo el mundo. Cuando tiene lugar una poderosa tormenta solar, ondas de ionización se extienden a través de la atmósfera superior terrestre, intensas corrientes eléctricas fluyen sobre la capa

superficial del suelo y el campo magnético de toda la Tierra comienza a sacudirse. "Estos son fenómenos globales", dice Dávila, "así que es importante que podamos monitorizarlos en todo el mundo".

Los países industrializados suelen tener abundancia de estaciones de monitorización. Pueden llevar un registro del magnetismo local, de las corrientes superficiales y de la ionización, y pueden también proporcionar información útil a los investigadores. Sin embargo, las brechas son evidentes en los países en vías de desarrollo, particularmente en latitudes bajas cercanas al ecuador magnético terrestre.

Gigantescas llamaradas (chorros eyectados de partículas de alta energía) captadas en la superficie del Sol el 8 de noviembre de 2000 por el satélite TRACE (Transition Region And Coronal Explorer). CRÉDITO: NASA

Aunque el tiempo en el espacio está usualmente asociado con las regiones polares de la Tierra (las auroras boreales, por ejemplo), lo que ocurre en el ecuador puede ser igual de interesante. Por ejemplo, existe un fenómeno en la atmósfera superior terrestre llamado "anomalía ecuatorial". Básicamente, es una fuente de ionización que da una vuelta completa alrededor de la Tierra una vez al día, siempre apuntando hacia el Sol. Durante una tormenta solar, la anomalía ecuatorial puede intensificarse y cambiar de forma, alterando de este modo las señales de los GPS de maneras inesperadas y tornando imposibles las comunicaciones tradicionales por radio. "La cooperación internacional es esencial para el rastreo de la anomalía ecuatorial", añade. "Ningún país puede hacerlo por sí solo".

No es una coincidencia que la reunión inaugural de la ISWI tuviera lugar en Egipto, un país ecuatorial. De las 30 naciones que enviaron representantes a la convención de la ISWI, más de dos tercios son naciones que se encuentran muy próximas al ecuador magnético. Esto podría conducir a una revolución en el estudio del tiempo en el espacio a bajas latitudes. Además, hay mucho por hacer más allá del ecuador. La Iniciativa Internacional sobre el Estado del Tiempo en el Espacio es un programa en curso con reuniones anuales planeadas en distintos lugares del mundo. La próxima reunión tendrá lugar en Nigeria, en el mes de noviembre de 2011. Ningún país es demasiado remoto, demasiado pequeño o demasiado pobre para participar. De hecho, menciona Dávila, "son los lugares más pequeños y aislados para los cuales necesitamos más la información. Todo el mundo está invitado".

Participación española en el programa del MTG

FUENTE: *Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)*

EL pasado 23 de diciembre el Consejo de Ministros aprobó la participación de España en el Programa Meteosat de Tercera Generación (MTG) un programa conjunto de ESA y EUMETSAT, cuyo desarrollo se iniciará a principios de 2011

La contribución de España se situará alrededor del 8% de los costes en EUMETSAT y el 12% en la ESA lo que supondrá un desembolso durante los próximos 40 años de más de 300 millones de euros, compensado en buena parte con los retornos que se espera obtener para la industria espacial española, tanto en la fabricación de los satélites como en sus infraestructuras en tierra.

El Programa MTG es el programa básico de observaciones atmosféricas desde órbita espacial geoestacionaria para continuar el suministro de datos y productos a los servicios meteorológicos y a muchos otros usuarios directos o indirectos que actualmente mantiene el programa Meteosat de Segunda Generación (MSG). El comienzo de las operaciones con el lanzamiento del primer satélite se producirá alrededor de 2018 y se espera que los satélites MTG sigan operando hasta cerca de 2040. Además de proporcionar continuidad a las observaciones, los nuevos satélites ofrecerán prestaciones más avanzadas e información más completa que sus antecesores de la serie MSG.

La serie de satélites MTG comprende cuatro satélites de imágenes y dos de sondeo. Los satélites de imágenes, MTG-I, llevaran a bordo el radiómetro FCI (*Flexible Combined Imager*) y un instrumento de detección de descar-

Recreación artística de dos de los satélites Meteosat de Tercera Generación. FUENTE: ESA-EUMETSAT

gas eléctricas LI (*Lightning Imager*). Por su parte, los satélites de sondeo MTG-S incorporarán un interferómetro sondeador de Infrarrojo IRS con resolución hipespectral en el dominio térmico y el instrumento Sentinel-4, un espectómetro de Ultravioleta, Visible y Cuasi-infrarrojo de alta resolución.

Las observaciones de los satélites MTG aumentarán la resolución de los satélites actualmente operativos en los aspectos espacial (1 a 2 kilómetros para observaciones clave), temporal (ciclos de 10 minutos en lugar de 15 del MSG) y espectral (16 canales en lugar de los 12 actuales, con 5 canales adicionales para los sondeos atmosféricos).

Las medidas del instrumento FCI proporcionarán información más avanzada que la actual para apoyar la predicción meteorológica de corto plazo y las actividades de modelización regional de la evolución atmosférica, lo que redundará en mejores predicciones y avisos de tiempo severo. Los canales adicionales permitirán un importante avance en la detección de aerosoles, incluyendo cenizas volcánicas, proporcionando por tanto importantes mejoras en la vigilancia de la calidad del aire. El aumento en la resolución espacial y la mayor gama de canales suministrará nuevos productos útiles para el estudio del clima tales como energía radiativa de los incendios y la evaluación de la producción de dióxido de carbono.

Reducción significativa de los vientos superficiales en el Hemisferio Norte

FUENTE: *Nature News/ ECMWF*

A mediados del pasado mes de octubre fue publicado en la revista *Nature Geoscience* un estudio que demuestra que durante las últimas tres décadas, las velocidades del viento en la superficie terrestre han disminuido de manera significativa en varias regiones del mundo, tales como los Estados Unidos, China, Australia, así como en varios países europeos. Dada la calidad y la heterogeneidad, a menudo inadecuadas, de los datos del viento medidos por los anemómetros, hasta ahora no se había realizado ningún estudio a largo plazo de la evolución de las velocidades del viento a una escala global.

Sin embargo, tras un análisis estadístico detallado y cuidadoso de las inconsistencias de las medidas del viento tomadas en 5.412 estaciones de todo el mundo, se rechazaron un 85% de ellas y el análisis de los datos restantes reveló una tendencia importante: sobre la mayoría de la superficie terrestre del Hemisferio Norte, los vientos han disminuido en los últimos 30 años. El estudio fue llevado a cabo conjuntamente por investigadores del *Laboratoire des Sciences du Climat et l'Environnement* (LSCE) y del Centro Europeo de Predicción Meteorológica a Medio Plazo (ECMWF).

En palabras de Roberto Vautard, uno de los investigadores, de la Universidad de Saint Quentin de Versalles, en Yvelines (Francia), "la gente siempre dijo que los datos –de viento– siempre estaban desperdigados o como parches en grandes zonas. No había un archivo global de calidad contrastada como hasta ahora."

En los estudios previos que cubrían distintas áreas del

Distribución de las tendencias de los vientos a nivel de superficie entre 1979 y 2008 (m/s/década).

campo de estudio, en unas zonas las velocidades aumentaban y en otras disminuían, pero, en palabras de este investigador, "nos sorprendió ver una tendencia tan clara a través del conjunto del Hemisferio Norte. Las velocidades del viento anuales habían disminuido en el 73% de las estaciones, cayendo entre un 5-15% sobre casi todas las áreas de tierra examinadas."

Por su parte, Brian Golding, Director de Investigación de Predicción del *Met Office* precisa que "las escalas temporales son muy cortas para establecer una tendencia meteorológica – Es posible que los 30 años anteriores pudieran mostrar una tendencia diferente." Vautard, no obstante, sugiere que los pocos registros disponibles que datan de 1959 sugieren que la tendencia ya se habría estado desarrollando desde la década de 1960.

En este trabajo también se demuestra que los vientos moderados a fuertes han disminuido más rápidamente en Asia, y se intenta dar una explicación de las razones de esta disminución. Usando una gran cantidad de datos muy variados (grupos de datos de reanálisis de ECMWF y otras observaciones de simulaciones, satélite y de radiosondas a una escala más pequeña), los autores demuestran que esta disminución de la velocidad del viento superficial se puede explicar en gran parte por un aumento de la vegetación y, en menor medida, por los cambios en la circulación de la atmósfera durante las últimas décadas.

Respecto a la posible causa del aumento de la vegetación, la mayor presencia de arbolado aumenta la rugosidad del terreno, absorbiendo algo de la energía del viento, lo que provocaría la reducción de su velocidad. La rugosidad de la superficie terrestre es un factor que tienen en cuenta los modelos climáticos y de predicción numérica del tiempo. La vegetación creciente, como resultado de una tierra

agrícola sobreexplotada, la repoblación forestal y del cambio del paisaje por la gestión del suelo, podría explicar entre el 25 y el 60% de la reducción observada en la velocidad del viento. Los investigadores utilizaron imágenes de satélite para estimar los aumentos en el volumen y la altura de la vegetación, y los modelos climáticos y del tiempo para considerar cómo esto afectaría a velocidad del viento. "Necesitamos nuevas investigaciones para comprobar cómo la repoblación forestal afecta a la velocidades del viento" dice Vautard, "pero es casi seguro que tiene un efecto." añade.

Vautard admite también que la urbanización podría ser un factor importante, pero tanto él como su equipo no pudieron investigar sus efectos, ya que los modelos numéricos no son capaces aún de estimar de forma adecuada cómo afectan las edificaciones a la aspereza superficial.

El estudio tampoco permite conclusiones directas sobre las posibles consecuencias en el potencial de la energía eólica, ya que ésta se genera en un nivel algo más alto. La reducción de los vientos medidos está referida a observaciones tomadas a 10 metros sobre el suelo, mientras que las turbinas de los molinos eólicos se localizan a alturas entre los 50 y 100 m, donde hay pocos datos globales. El tema es motivo de estudio en la actualidad.

Sobre el origen de los océanos

FUENTE: *Nofronteras*

En un reciente trabajo de investigación se propone que el agua de los océanos se condensó al poco de formarse la Tierra, con lo se explicaría la pronta aparición de la vida en la Tierra.

HAY una característica que diferencia a nuestro planeta de cualquier otro planeta conocido: la Tierra tiene océanos de agua líquida. Es un mundo maravilloso debido a esta característica, está poblado de vida que está basada en este precioso líquido. Pero, ¿de dónde procede toda esta agua?

El Sistema Solar interior fue un lugar poco hospitalario en sus inicios. En aquella época, la Tierra era un cuerpo mucho más caliente que en la actualidad y con una gran actividad telúrica, lo que habría imposibilitado la presencia de agua líquida sobre la superficie de nuestro planeta. Se propuso que vino un tiempo después a bordo de cometas durante una época de bombardeo intenso, hace 3.900 millones de años. Los análisis isotópicos del vapor de agua de los cometas han revelado que, contrariamente a lo se creía, nuestro agua no parecía proceder de los cometas. Si los cometas nos surtieron del preciado líquido, la cantidad aportada no tuvo que ser muy elevada.

El referido estudio propone que casi toda el agua que disfrutamos en la actualidad estaba aquí ya desde un principio, con lo que se proporciona mayor margen temporal para la aparición de vida en la Tierra, tal y como otros estudios isotópicos han revelado recientemente y que apuntan a una aparición muy temprana de la vida. Parece, por tanto, que todas las piezas empiezan a encajar entre sí.

Linda Elkins-Tanton del MIT ha realizado un estudio de las propiedades químicas y físicas de los meteoritos y las ha usado como análogos de cómo sería nuestro planeta al comienzo de los tiempos. Luego ha utilizado esos datos obtenidos para alimentar un modelo computacional. El modelo ofrece como resultado que existía un alto porcentaje de agua en las rocas fundidas que formaban nuestro planeta, agua que enriqueció fuertemente la atmósfera de la época con vapor. El vapor se condensó en océanos en un proceso que duró decenas de millones de años, por lo que la Tierra ya contaría con océanos hace 4400 millones de años. Incluso el manto terrestre con una humedad menor que la arena del desierto del Sáhara podría producir océanos de cientos de metros de profundidad. Desde hace tiempo los astrobiólogos se vienen sorprendiendo de lo rápido que apareció la vida en la Tierra, en sólo unos 600 millones de años después de su formación. Este resultado ayudaría a explicar ese hecho.

Si este resultado se confirma podremos por fin decir de dónde procede el agua que bebemos, en la que nos bañamos, el agua que constituye el 70% de nuestros cuerpos.. Estaba ya aquí desde el origen de los tiempos y permitió la aparición de la vida al poco de formarse la Tierra, cuando ésta todavía no se había enfriado del todo.

Anemómetros sónicos y de cazoletas: dos instrumentos distintos en nuestra red de observación

Manuel Lara Jaén. AEMET - Badajoz

Introducción

Tras varios años de pruebas, el servicio meteorológico de Holanda (KNMI) ha decidido sustituir sus anemómetros de cazoletas y veletas por anemómetros ultrasónicos (sónicos por abreviar). También AEMET ha instalado anemómetros sónicos en parte de sus estaciones automáticas de la red sinóptica complementaria.

Este artículo trata de los anemómetros de cazoletas, su estado del arte actual y su sustitución en redes operativas por anemómetros sónicos y recaba la opinión sobre estos temas de D. Alvaro Cuerva, Dr. Ingeniero Aeronáutico que ha trabajado en proyectos europeos relacionados con la anemometría y la energía eólica

Figura 1 - Tres modelos actuales de anemómetros de cazoletas clasificados dentro del Proyecto ACCUWIND [9]. Los modelos, de izquierda a derecha, son RISØ P2546, VECTOR L100K y VAISALA WAA151 este último muy utilizado en observatorios aeronáuticos de AEMET.

El anemómetro de cazoletas y la sobrevelocidad

Inventado en 1846 por el astrónomo irlandés T.R. Robinson, el anemómetro de cazoletas es seguramente el instrumento de medida de la velocidad de viento más común, si dejamos aparte el muy específico tubo Pitot, y su imagen es sin duda uno de los iconos de la meteorología. Es sencillo, robusto y con relativamente pocas necesidades de mantenimiento, características todas muy estimables en la observación meteorología operativa. Una ventaja adicional importante, en la que no se suele reparar, es que el instrumento no necesita una alineación específica, en contra de lo que sucede por ejemplo con los anemómetros sónicos.

Entre finales del S. XIX y primeras décadas del XX los estudios sobre el instrumento se centraron en su linealidad, buscando el diseño que ofreciera la mejor relación entre la velocidad de rotación de las cazoletas y la velocidad del viento, encontrándose que ésta era mejor cuanto mayor fuera la razón entre el radio de las cazoletas y el brazo del anemómetro. También se apreció pronto que los modelos con tres cazoletas ofrecían mejor respuesta que los de contaban con cuatro. Tampoco pasó mucho tiempo antes de que se observara que el instrumento sobrestimaba la velocidad media en situaciones en las que la velocidad fluctuaba rápidamente. Dicho de una forma sencilla, los anemómetros de cazoletas responden más rápidamente a un incremento de velocidad que a una disminución de la misma magnitud, por lo que un instrumento perfectamente calibrado en un túnel de viento, tiende a sobrestimar la velocidad media en un ambiente turbulento. A este fenómeno se le denominó sobrevelocidad (*overspeeding*) y ya fue investigada por Schrenk en 1929, comenzando una larguísima serie de estudios, realizados con el fin de intentar evaluarla, caracterizarla, y en algunos casos, proponer métodos de corrección para la misma.

Un ejemplo relativamente reciente de estos trabajos es el Hayashi de 1987, el cual fija la ecuación de movimiento para el anemómetro estándar de la *Japan Meteorological Agency* (JMA), y forzándolo con un viento horizontal sinusoidal superpuesto a un viento medio, resuelve numéricamente la ecuación resultante. El resultado de este ejercicio teórico fueron sobrevelocidades que llegaban al 9% en las situaciones más desfavorables (amplitud grande, periodo pequeño). Hayashi señala que son similares aunque numéricamente superiores a los encontrados en trabajos anteriores por otros autores (Schrenk 1929, Sanuki 1952, Kondo et al 1972).

A su estudio teórico dinámico, Hayashi añade un experimento de campo en el que compara el citado anemómetro de cazoletas estándar de la JMA con un anemómetro sónico, situados ambos a 20 m de altura y muestreando a 5 Hz. Los resultados muestran una sobrestimación media del 6% para un rango de velocidades entre 5 y 12 ms^{-1}. Termina Hayashi su artículo proponiendo un método relativamente simple para corregir este efecto, pero que para sus propios datos sólo consigue disminuir la sobrevelocidad del 6% inicial al 4%.

Este trabajo, tomado sólo como ejemplo de que todavía en 1987 el tema seguía poco claro, muestra sobrevelocidades intermedias respecto al de otros autores: Izumi y Barad (1970) la estimaron en general en un 10%, Kondo et al (1971) hablan de unos pocos tantos por ciento en el peor de los casos, mientras que Busch y Kristensen (1976) hablan de que solo en casos extremos superarían el 10%.

En la actualidad sabemos que en la sobrestimación de la velocidad media influye, no sólo la intensidad de la tur-

bulencia, sino su estructura. En contra de lo asumido en principio, la varianza de la componente longitudinal del viento medio no es el factor más influyente sino las varianzas de las componentes vertical y transversal así como sus covarianzas, y que diseños adecuados permiten minimizar el problema. Hoy existen en el mercado anemómetros de cazoletas con gran respuesta dinámica, y respuesta angular muy próxima a la ideal respuesta coseno (filtrado de la componente vertical) que dejan la sobrestimación en valores muy bajos o despreciables (inferiores a 2%, ver Fig. 1).

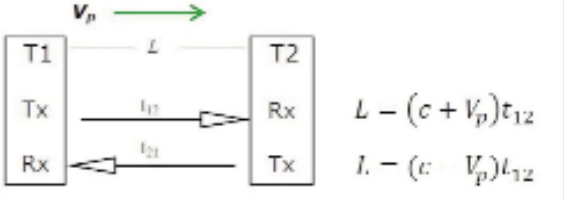
Anemómetros sónicos

Los anemómetros sónicos comenzaron su desarrollo a mediados del siglo pasado, por lo que no suponen ninguna novedad, aunque si pueda serlo su utilización en redes meteorológicas operativas, ya que durante décadas su uso había estado reservada a la investigación. Su elevada frecuencia de muestreo y su capacidad para medir la componente vertical hicieron de él un instrumento muy utilizado en la investigación de la turbulencia atmosférica.

Figura 2 - Anemómetro sónico THIES. Modelo probado y elegido por el KNMI

Su funcionamiento se basa en la medida de los tiempos de viaje de los pulsos ultrasónicos (~100 KHz) enviados por transductores que, en los modelos actuales, actúan alternativamente como emisores y receptores. Es habitual utilizar cuatro transductores enfrentados dos a dos tal y como se muestra en el modelo THIES de la Fig.2.

Supongamos que dos transductores T1 y T2 están separados una distancia L, típicamente del orden de 20 cm, y que emiten y reciben de manera alternativa un pulso sónico. Si llamamos c a la velocidad del sonido y V*p* a la componente de la velocidad del viento en la dirección que los une, tendremos que la distancia L que los separa se podrá escribir en función de los tiempos de viaje t_{12} y t_{21} como



Resolviendo para V*p* y c obtenemos

$$V_p = \frac{L}{2}\left(\frac{1}{t_{12}} - \frac{1}{t_{21}}\right) \qquad c = \frac{L}{2}\left(\frac{1}{t_{12}} + \frac{1}{t_{21}}\right)$$

Repitiendo el procedimiento con otro par de transductores en otra dirección en el mismo plano conseguiríamos la otra componente necesaria para definir el vector viento horizontal, y si añadiéramos otro par fuera de este plano, obtendríamos el vector viento tridimensional.

Las ventajas principales de los anemómetros sónicos son que, al no tener partes móviles, son más robustos y sus necesidades de mantenimiento casi nulas, y que su límite inferior de detección es virtualmente cero. Otra posible ventaja es que conocida la velocidad del sonido c, es posible calcular la temperatura virtual, por lo que los anemómetros sónicos pueden utilizarse como "termómetros virtuales" (algunos modelos comerciales incluyen este dato con un precisión nominal de +/-1 K). También puede considerarse una ventaja adicional el hecho de que un mismo instrumento nos proporciona el módulo y la dirección de la velocidad, frente al par de instrumentos, anemómetro y veleta, necesarios tradicionalmente.

Sin embargo, los anemómetros sónicos también tienen sus inconvenientes. En primer lugar, los transductores, y los brazos que los soportan, crean pequeñas turbulencias que distorsionan el flujo y la propagación del sonido, afectando a la medida de la velocidad (subestimándola) y a la dirección del viento (ver Fig. 3). Este efecto, que se incrementa con la velocidad, es especialmente notable cuando el viento sopla paralelo a una pareja transductora, y debe ser corregido mediante técnicas de tratamiento de la señal.

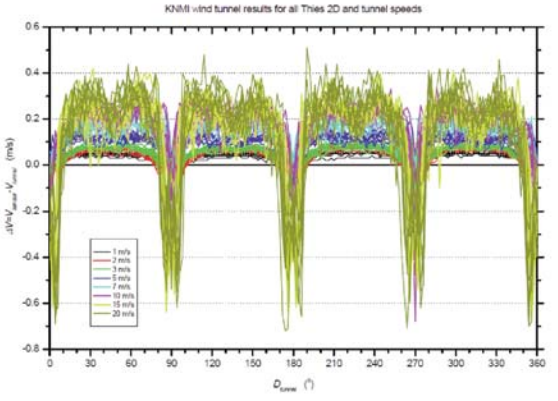


Figura 3 - Errores en la medida velocidad del viento con simetría de 90º causados por las perturbaciones introducidas por brazos y transductores para 8 velocidades distintas del túnel aerodinámico. Extraído de [2].

El anemómetro WS425 de VAISALA, modelo instalado en las EMAS de AEMET (ver Fig.4) ofrece una variante de diseño interesante que ayuda en este problema. En lugar de utilizar 4 transductores funcionando como 2 parejas, utiliza sólo 3 formando un triángulo. Sus transductores tienen un ángulo de visión suficiente como para que cada uno ellos pueda recibir los pulsos de los otros dos, con el resultado de que dis-

Figura 4 - Anemómetro VAISALA, mod. WS425, instalado en EMAs de AEMET.

ponemos de tres parejas en lugar de dos. De esta manera se consigue una redundancia que permite elegir los datos que resulten más óptimos para el cálculo. Por ejemplo, si el equipo detectara que el viento es paralelo a la pareja T1-T2, descartaría para el cálculo de la velocidad del viento el tiempo de viaje entre ellos y utilizaría los tiempos entre T1-T3 y T2-T3 evitando así utilizar caminos paralelos al viento (ver Fig. 5)

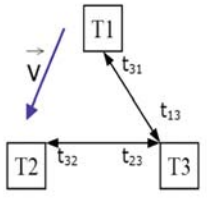


Figura 5 - Esquema de funcionamiento del anemómetro sónico VAISALA WS425 de tres transductores. Los tiempos de vuelo entre las parejas T1-T3 y T2-T3 serían los utilizados en caso de que el viento soplase en la dirección T1-T2

En cualquier caso esta "anisotropía" del instrumento obliga a un proceso de calibración más complejo, en el que el sensor debe ser verificado para todos los acimuts.

Por otro lado algunas formas de precipitación también pueden perturbar las medidas. Este problema parece que se ha resuelto con el uso de transductores mayores y/o mediante detección y corrección de datos anómalos mediante algoritmos contenidos en el software del instrumento. Este aspecto también debe ser tenido en cuenta: estamos ante un instrumento técnicamente más complejo, y la complejidad técnica no es un buen aliado, en principio, cuando hablamos de instrumentos operativos en campo, que deben tener en la fiabilidad una de sus características principales. Sin embargo hay que decir, por los estudios de KNMI y por la limitada experiencia de que disponemos en AEMET, que estos instrumentos parece que se comportan de modo robusto.

Estudios en el KNMI e instalaciones en AEMET

En el año 2003 el Servicio Meteorológico Nacional de Holanda (KNMI) comenzó una serie de pruebas para comprobar la idoneidad de tres modelos comerciales de anemómetros sónicos de tres firmas distintas (THIES, GILL, VAISALA) para ser instalados en su red de observación. Las pruebas incluían verificaciones en túneles de viento, del propio KNMI (ver Fig.6) y del *Dutch National Aerospace Laboratory*, y comparaciones en campo, entre ellos y con los anemómetros y veletas utilizados por KNMI. Estos exhaustivos trabajos son realmente sobresalientes y muy de agradecer la disponibilidad de la información sobre los mismos. Los resultados más notables fueron ([1], [2] y [3]):

1.- En general los tres modelos se comportaron de forma satisfactoria, manteniéndose dentro de los requisitos OMM, y se consideraron aptos para operaciones, con la importante excepción del rango ya que ninguno de los probados alcanzaban nominalmente los 75 ms^{-1} .

2.- Los anemómetros sónicos, además de medir dentro de margen, lo hacen homogéneamente entre ellos, con una correlación entre sus medidas de 0.999. La diferencia entre las medidas de los sónicos y el anemómetro de cazoletas de KNMI resultan mayores, con una correlación de 0.992.

3.- Como consecuencia de lo anterior, si se instalaban anemómetros sónicos deberían desarrollarse funciones de transferencia para el uso climatológico de sus datos.

Las perturbaciones causadas por los brazos y transductores aparecían en todos los modelos en mayor o menor medida, siendo el equipo VAISALA el que mejor se mostraba en este aspecto, manteniéndose, en general, todos dentro de la precisión requerida, excepto puntualmente el equipo GILL para velocidades muy altas (> 60 ms^{-1}) y ciertas orientaciones. En las pruebas de campo se detectó que un sensor fue dañado por aves y que estas también causaron algunas rachas espurias en otros.

Figura 6 - Anemómetro sónico THIES en túnel de viento de KNMI, extr.de [2].

Por último hay que señalar que se detectaron diferencias apreciables entre los sónicos y los convencionales en caso de precipitaciones líquidas intensas, sin que se pudiera concluir que fueran debidas a mal funcionamiento de los primeros en estas condiciones, ya que la capa líquida adherida a las cazoletas modifica también las propiedades dinámicas de los segundos.

A la vista de los resultados, KNMI se decidió por el modelo de la firma THIES, y en 2008 continuaron las pruebas con 10 unidades iguales de un modelo perfeccionado, más robusto y con un rango extendido hasta los 75 ms^{-1} requeridos por OMM.

Por su parte AEMET instaló a finales de 2008 en sus nuevas EMAS de la Red Sinóptica Complementaria anemómetros sónicos VAISALA modelo WS425 (ver Fig. 4), antes ya mencionado y uno de los modelos probados por KNMI. En la tabla 1 figuran las características generales de este modelo, junto con los requisitos OMM y las del anemómetro de cazoletas VAISALA WAA151, instalado en numerosos observatorios aeronáuticos de AEMET.

Puede comprobar el atento lector que el anemómetro sónico VAISALA no cumple la condición OMM para el rango. De hecho esta fue una de las principales razones que decantaron a KNMI en la elección del modelo de THIES. También puede comprobar que para una velocidad de 10 ms^{-1} el sónico VAISALA ofrece una precisión de +/- 0.3 ms^{-1} mientras que el anemómetro de cazoletas de la misma casa da un valor de +/- 0.17 ms^{-1}, todos valores nominales extraídos de sus especificaciones técnicas, y esta diferencia aumenta al aumentar la velocidad. Hay que indicar que el Dr. Wauben señala en [1] como primera ventaja de los anemómetros sónicos la de ser instrumentos casi libres de mantenimiento, no su precisión.

	OMM	VAISALA WS425 (sónico)	VAISALA WAA151 (cazoletas)
Rango	0-75 ms^{-1}	0-65 ms^{-1}	0.4-75 ms^{-1}
Resolución	0.5 ms^{-1}	0.1 ms^{-1}	0.1 ms^{-1}
Precisión	+/- 0.5 ms^{-1} si v< 5 ms^{-1} +/- 10% si v > 5 ms^{-1}	+/- 0.13 ms^{-1} ó +/- 3% (mayor valor)	+/- 0.17 ms^{-1} (hasta 60 ms^{-1})
Umbral arranque	0.5 ms^{-1}	Virtualmente cero	< 0.5 ms^{-1}

Sin disponer de un estudio, ni siquiera parecido de lejos al realizado por KNMI, poco puede decirse hasta ahora del funcionamiento de estos anemómetros en nuestra red. Los instrumentos parece que funcionan de manera robusta, si bien la ausencia de parte móviles, una de las ventajas de los mismos, parece ser también un problema, ya que en algunos emplazamientos los pájaros se posan sobre el sensor, induciendo rachas falsas de velocidad (ver Fig. 7).

Figura 7 - Rachas espurias causadas por aves en anemómetro sónico VAISALA instalado en una EMA de la AEMET.

Anemometría e industria de la energía eólica

Resulta una obviedad hablar de la importancia de medidas precisas de velocidad de viento para la industria de la energía eólica. La toma de decisiones en esta industria, que suelen suponer una elevada inversión, se hace en base a estimaciones de producción de energía, las cuales dependen directamente de la velocidad media del viento, por lo que la incertidumbre en la medida de ésta se traduce, también directamente, en incertidumbre o riesgo financiero.

Es natural, por tanto, que en el sector de la energía eólica se haya hecho un gran esfuerzo en investigación y desarrollo en anemometría, convencional y sónica, del que la comunidad meteorológica resulta beneficiada, a pesar de que nuestros requerimientos de medida son diferentes.

Algunos ejemplos de esta actividad investigadora son los proyectos CLASSCUP y ACCUWIND de clasificación de anemómetros, y la red MEASNET de institutos de energía eólica. Miembros españoles de esta red son el CENER y el Instituto Universitario de Microgravedad "Ignacio Da Riva" de la Universidad Politécnica de Madrid. A esta última institución pertenece el Dr. Alvaro Cuerva, Ingeniero Aeronáutico y profesor de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Aeronáuticos, que ha participado en diversos proyectos europeos relacionados con la anemometría, principalmente aplicada a la industria de la energía eólica.. El Dr. Cuerva ha sido tan amable como para responder a algunas preguntas sobre estas cuestiones:

¿Desde el punto de vista de la industria de la energía eólica, qué requisitos debe satisfacer un anemómetro en cuanto a rango, precisión, frecuencia de muestreo etc?

Depende de la aplicación. Si se pretende caracterizar la velocidad media en periodos de 10 minutos, lo cual es un estándar en los análisis de recurso eólico o en la certificación de curva de potencia, los requisitos habituales son: un rango de calibración de 4 a 16 m/s y una frecuencia de muestreo superior a 0.5 Hz. En cuanto a la precisión se debe establecer la "clase del anemómetro" de acuerdo a la norma IEC 61400-121. La clase del anemómetro es un índice de precisión del anemómetro asociado al modelo, no a la unidad, que tiene en cuenta el comportamiento del sensor en diferentes condiciones de viento con diferentes niveles de turbulencia, inclinación del vector velocidad, temperatura, etc. Este índice de clase depende de si el anemómetro se va a instalar en terreno llano o complejo y permite calcular la incertidumbre asociada a la medida de la velocidad de viento. Además cada unidad debe ser calibrada individualmente.

Si el anemómetro se usa en análisis de turbulencia en los que es preciso determinar los parámetros estadísticos de 2º orden como varianzas, correlaciones o densidades espectrales de potencia, o bien en el análisis de extremos (ráfagas) es preciso utilizar sensores que midan las tres componentes del vector velocidad con un frecuencia de muestro superior a los 10Hz.

El problema de la sobrevelocidad siempre ha sembrado dudas sobre la bondad de los anemómetros de cazoletas en ambientes turbulentos. ¿Es un tema ya cerrado?

Es un tema muy conocido a partir de los últimos trabajos de los proyectos SITEPARIDEN, CLASSCUP y ACCUWIND. El proceso de clasificación recogido en la norma IEC 61400-121 tiene como objetivo, entre otros, cuantificar este efecto sobre la incertidumbre en la medida del anemómetro. Una conclusión general es que si se pretende medir de forma adecuada la turbulencia es preciso utilizar otro tipo de sensores como son los anemómetros sónicos.

A la vista de los trabajos de MEASNET, de los labora-

torios RisØ (Dinamarca) y otras instituciones, parece que la industria eólica sigue confiando en los anemómetros de cazoletas. ¿Ve Vd. una tendencia en la industria eólica hacia la sustitución de éstos por anemómetros sónicos?

Es cierto que el anemómetro de cazoletas ha sido y es una herramienta fundamental en el desarrollo de la energía eólica. Sin embargo cuando se pretenden determinar ciertas características de la turbulencia atmosférica como son las tres componentes del vector velocidad, la intensidad de turbulencia, espectros o ráfagas; todas ellas características que afectan intensamente al comportamiento de aerogeneradores y otras estructuras que operan en la atmósfera, el anemómetro de cazoletas no es suficiente. En estos casos el anemómetro sónico es la alternativa. Además este último presenta ventajas adicionales en cuanto a su robustez estructural y a la no necesidad de calibraciones periódicas. Sin embargo es preciso trabajar más en cuanto a fiabilidad de la electrónica ya que en la industria eólica se requiere que los anemómetros operen de forma ininterrumpida durante largos periodos. En el momento que este problema quede resuelto, muy posiblemente los anemómetros sónicos invadan las aplicaciones eólicas.

La calibración de los anemómetros es un tema complejo. Es reconocido que diferentes calibraciones en túneles de viento de instituciones diferentes, todas de primer nivel, pueden conducir a resultados diferentes. El túnel aerodinámico del Instituto de Microgravedad Ignacio Da Riva de la UPM es el único homologado en España por MEASNET para la calibración de anemómetros. ¿Existe para estas instalaciones un concepto similar al de trazabilidad, utilizado en la calibración de otros sensores como barómetros o sondas de T?

Dentro de MEASNET hay instituciones de ensayo e instituciones calibradoras. La diferencia es que las primeras no tienen trazabilidad a patrones mientras que las segundas sí. Al margen de esto, un túnel acreditado MEASNET ha calibrado una serie de anemómetros de referencia circulados por los centros de la red, y ha medido la salida de estos anemómetros, con un error respecto a la media de los centros MEASNET, menor que un cierto umbral de admisión/exclusión.

En los anemómetros sónicos las perturbaciones causadas por los brazos y transductores son corregidas por software, al igual que las causadas por la precipitación; en su experiencia, ¿funcionan estas correcciones de manera adecuada?

Los algoritmos de corrección referidos son excelentes si se han obtenido adecuadamente en túnel aerodinámico para cada unidad.

¿Considera suficientemente madura y robusta la tecnología ultrasónica para el uso en redes meteorológicas operativas?

Si lugar a dudas la tecnología está más que madura, sin embargo, debido a lo ambicioso y amplio de la aplicación propuesta, sería óptimo un análisis de los modelos candidatos en cuanto a la robustez de su operación en modo desatendido. Sin duda los fabricantes de anemometría sónica estarían dispuesto a abordar la construcción de modelos con criterios de redundancia que permitiesen un operación robusta y desatendida.

Para ilustrar la importancia de la exactitud de la medida de viento en la industria eólica, puede concretar numéricamente a qué error en energía producida estimada conduciría un error del 10% en la velocidad media (+/- 10% es la tolerancia OMM para la medida de la velocidad media del viento) para una turbina media?

Una estimación conservadora y muy simplificada, aunque orientativa, del mencionado error es que un error del 10% en la determinación de la velocidad media en un periodo se traduce aproximadamente en un 30% de error en la estimación de la potencia media durante ese periodo.

Referencias

[1] *Operational test of sonic wind sensors at KNMI*. Wauben y Van Krimpen. TECO-2008. http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/IOM-96_TECO-2008/P2(28)_Wauben_Netherlands.pdf

[2] *Wind tunnel and field test of three 2D sonic anemometers*. Wauben. TECO-2005. ttp://www.knmi.nl/~wauben/Sensor/TECO 2005_ P3(17)_Wauben.pdf

[3] *Wind tunnel and field test of three 2D sonic anemometers*. Wauben. KNMI Tec. Rep. 296. http://www.knmi.nl/~wauben/Sensor/TR296.pdf

[4] *Dynamic response of a cup anemometer*. Hayashi. *Journal of atmospheric and oceanic technology*, Jun 1987.

[5] *Cup anemometer behavior in turbulent environments*. Kristensen. Journal of atmospheric and oceanic technology, Feb 1998.

[6] MEASNET: http://www.measnet.org

[7] ACCUWIND –*Summary repo*rt- http://130.226.56.153/rispubl/VEA/veapdf/ris-r-1563.pdf

[8] CLASSCUP – *Development of a classification system for cup anemometers*. Pedersen. http://130.226.56.153/rispubl/VEA/veapdf/ris-r-1348.pdf

[9] ACCUWIND - *Classification of five cup anemometers according to IEC61400-12-1*. Pedersen e al.. http://130.226.56.153/rispubl/VEA/veapdf/ris-r-1556.pdf

Agradecimiento

El autor quiere agradecer la colaboración y amabilidad de los Drs. Wauben y Cuerva.

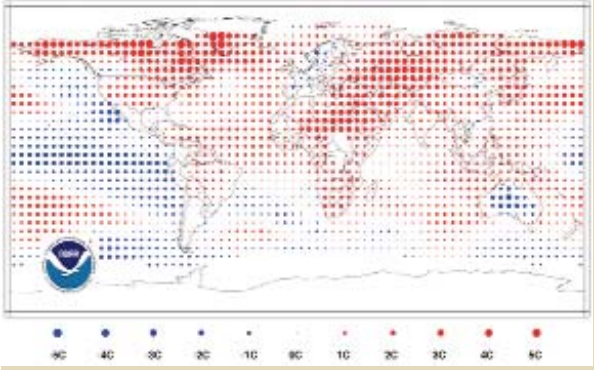
Crónica del tiempo

por Andrés Chazarra y Antonio Mestre - Área de Climatología y Aplicaciones Operativas de AEMET

Descripción climática del otoño a escala global

Temperatura

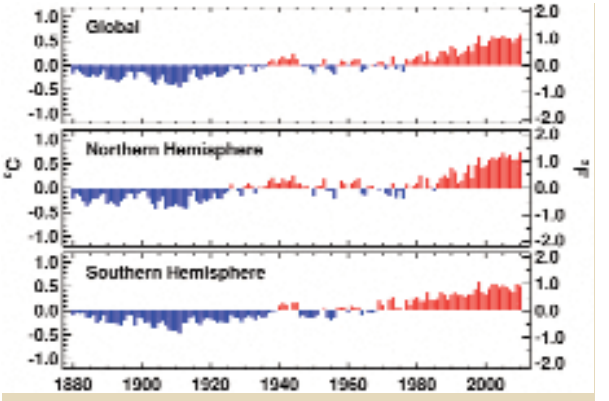
El trimestre correspondiente al otoño del hemisferio norte - primavera del hemisferio sur (meses de septiembre a noviembre) ha resultado el sexto más cálido a escala global desde el comienzo de la serie en 1880, según los análisis de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) de los Estados Unidos de América. Comparativamente, el mes más cálido de los tres fue noviembre, que resultó el segundo más cálido de la serie para el conjunto de la superficie terrestre y oceánica y el más cálido de la serie considerando únicamente temperaturas sobre la superficie terrestre.



Anomalías de temperatura (ºC) del otoño boreal (septiembre-octubre-noviembre) respecto del periodo de referencia 1961-90. Fuente: NCDC/NESDIS/NOAA.

Durante el otoño boreal las anomalías positivas de temperatura predominaron sobre prácticamente toda la superficie terrestre y especialmente en las altas latitudes del hemisferio norte, el norte de África, el este de Europa y Asia occidental. Las temperaturas inferiores a la media se localizaron en el centro y este del océano Pacífico ecuatorial, donde persistió el episodio frío de La Niña, la mayor parte de Australia y el noroeste de Europa.

A falta de los datos de temperatura del mes de diciembre para poder hacer el balance anual de 2010, los once primeros meses del año sitúan provisionalmente a 2010 como el año más cálido desde el comienzo de las observaciones en 1880 con una anomalía de temperatura de



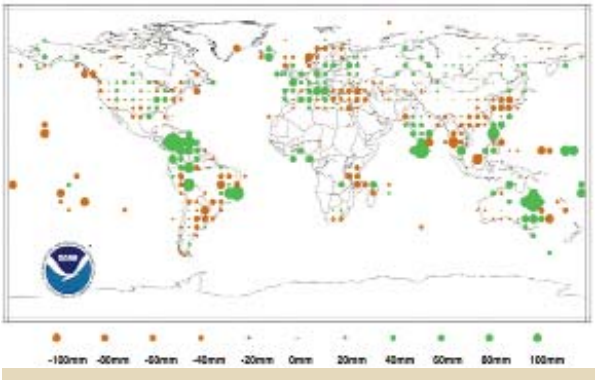
Anomalías de la temperatura media combinada de la superficie terrestre y de los océanos del periodo enero-noviembre de 2010. Los once primeros meses del año han constituido un nuevo récord en la serie.Fuente:NCDC/NESDIS/NOAA.

+0,64ºC, superando ligeramente al anterior récord de +0,62ºC registrado en 2005.

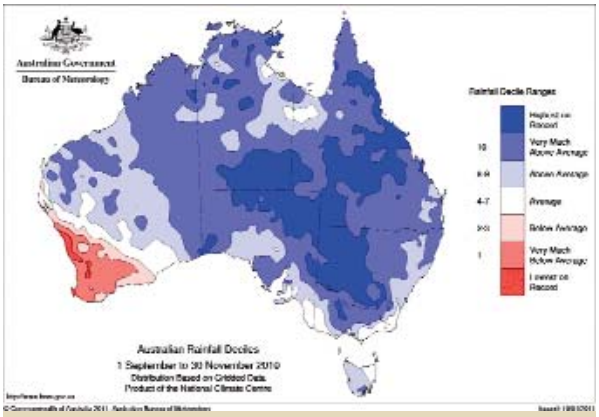
Precipitación

Durante el otoño boreal se registraron precipitaciones por encima de la media en Europa occidental, América central, sur de la India y este de Australia, mientras que las anomalías negativas más significativas se observaron en el sudeste asiático, Turquía y zonas de Argentina y Brasil.

Especialmente significativas fueron las intensas lluvias caídas en Australia durante la primavera austral: la precipitación media fue de 163 mm, resultando la primavera más lluviosa de su historia, superando en 23mm al anterior récord de 1975. En claro contraste con lo ocurrido en la



Anomalías de precipitación (mm) del otoño boreal (septiembre-octubre-noviembre) respecto del periodo de referencia 1961-90. Fuente: NCDC/NESDIS/NOAA.



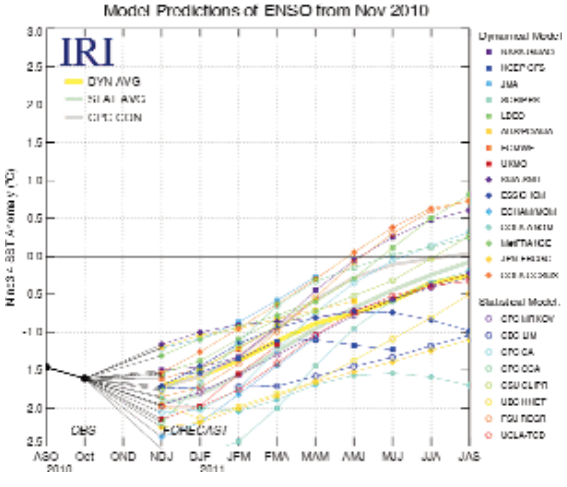
Deciles de la precipitación del trimestre septiembre-noviembre en Australia. En gran parte del centro y este de Australia la primavera fue la más lluviosa de la historia, mientras que en el suroeste de la gran isla resultó la más seca desde el comienzo de las observaciones. Fuente: *Australian Bureau of Meteorology*.

mayor parte del país, en el sudoeste de Australia la primavera de 2010 fue a su vez la más seca de la serie, según la Oficina Meteorológica de Australia.

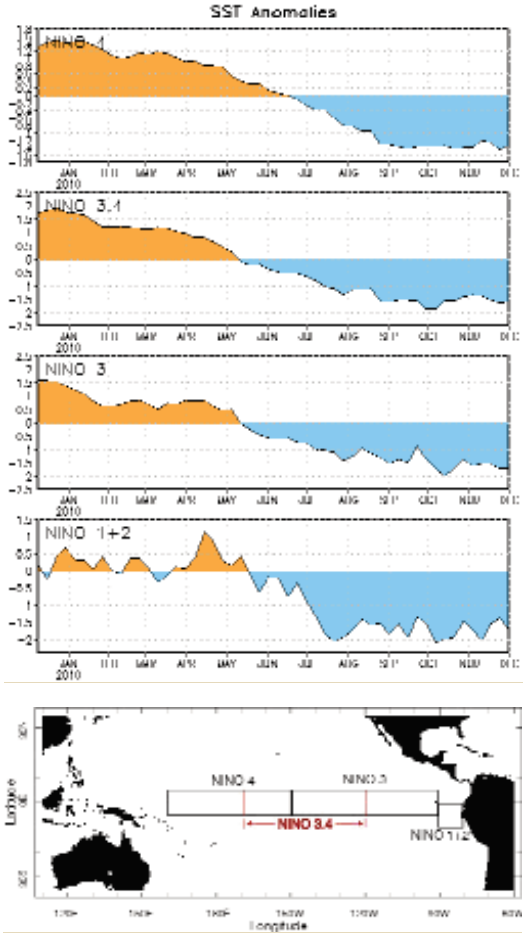
El Niño

Durante el otoño boreal continuó en el Pacífico ecuatorial el episodio de La Niña que había dado comienzo el pasado verano. Los índices SST alcanzaron valores del orden de –1,5ºC en todas las regiones de El Niño mostrando pocas variaciones a lo largo del trimestre.

El contenido calórico de la subsuperficie del océano (temperatura promediada de los 300m superiores del océano) continuó muy por debajo de los valores medios. La convección siguió fortalecida en Indonesia y debilitada en el centro y el oeste del Pacífico ecuatorial, mientras que los alisios del este en los niveles bajos se veían reforzados al igual que las anomalías de los vientos del oeste en los niveles altos. En conjunto, las condiciones oceánicas y



Pronósticos de las anomalías en la temperatura de la superficie del océano SST para la región de El Niño 3.4. Fuente: Instituto de Investigación Internacional (IRI)



Series temporales semanales de las anomalías en la temperatura (°C) de la superficie del océano en las regiones de El Niño respecto de los promedios semanales del período 1971-2000 y gráfico con las regiones de El Niño. Durante el otoño boreal continuó el episodio de la Niña con una intensidad entre moderada y fuerte.
Fuente: NOAA.

atmosféricas del pasado trimestre se corresponden con un episodio de La Niña entre moderado y fuerte.

Los modelos climáticos predicen que el actual episodio de La Niña alcanzará su máxima intensidad durante el periodo comprendido entre noviembre y enero de 2011 y que continuará, más debilitado, al menos hasta la primavera boreal de 2011. A partir de ese momento existe una gran incertidumbre ya que, aunque la mayoría de los modelos pronostican un regreso a condiciones de ENSO neutral durante la primavera, algunos modelos, entre ellos el modelo de Sistema de Pronóstico Climático CFS del NCEP, sugieren que La Niña podría prolongarse hasta el verano.

Extensión del hielo marino y de la cubierta de nieve sobre la superficie terrestre

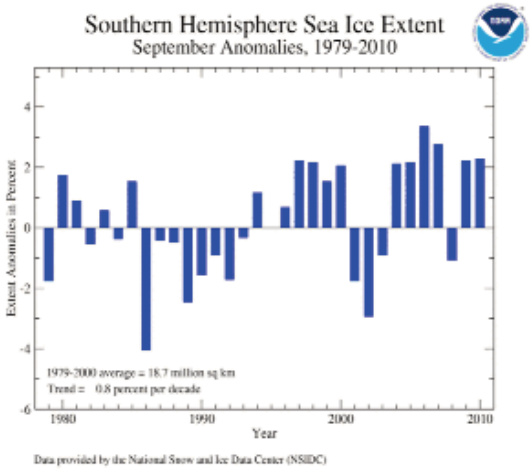
El 19 de septiembre el hielo marino del Ártico alcanzó su mínimo anual con una extensión de 4,6 millones de

kilómetros cuadrados, lo que supone la tercera menor extensión desde el comienzo de las observaciones en 1979, superado tan solo por los años 2007 y 2008. Durante septiembre las dos rutas marítimas tradicionales del Ártico que comunican los océanos Atlántico y Pacífico (el Paso del Noroeste, que bordea la costa canadiense pasando por los estrechos de Davies y de Bering, y el Paso del Noreste o Ruta del Mar del Norte, que une ambos océanos a lo largo de las costas de Rusia y Siberia) estuvieron libres de hielo y abiertas a la navegación simultáneamente por vez primera en la historia moderna, según informa el *National Snow and Ice Data Center* de los EEUU.

Extensión del hielo marino en el Ártico en septiembre de 2010 (en blanco) y mediana del límite de la extensión (en magenta) para esta época del año. Por primera vez en la historia moderna se abrieron a la navegación convencional los pasos marítimos del Noreste y del Noroeste simultáneamente. Fuente: *National Snow and Ice Data center.*

A su vez, en el hemisferio sur se alcanzó el máximo anual del hielo marino durante el mes de septiembre, resultando el tercer mayor registro de serie con una superficie de 19,2 millones de kilómetros cuadrados, por detrás tan solo de los valores de 2006 y 2007.

En cuanto a la extensión de la cubierta de nieve sobre la superficie terrestre, el área cubierta de nieve en el hemisferio norte promediada durante el pasado otoño estuvo ligeramente por encima del valor medio, resultando el vigésimo primer otoño con más nieve de una serie de datos que abarca cuarenta y cinco años, según la NOAA.



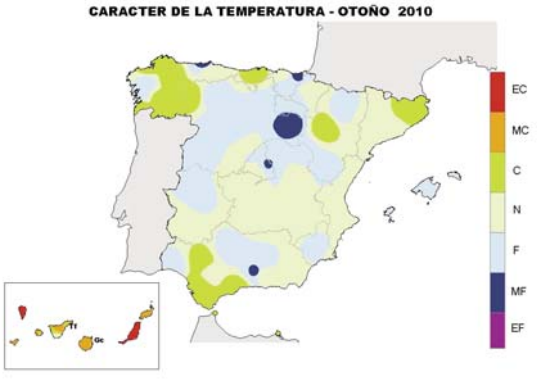
Anomalías de la extensión del hielo marino en el Hemisferio Sur en septiembre, coincidiendo con la máxima extensión anual. El valor de 2010 fue el tercero más alto de la serie. Fuente: NOAA.

Descripción climática del otoño en España

Temperatura

El trimestre otoñal septiembre-noviembre de 2010 resultó normal o algo más frío de lo normal, de forma que la temperatura media trimestral promediada sobre España se situó en torno a 0,2º C por debajo de su valor medio normal (período de referencia 1971-2000).

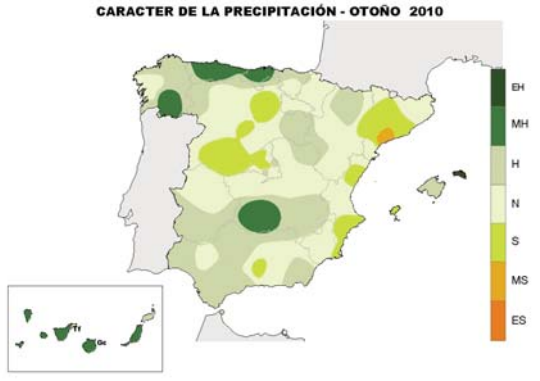
El trimestre tuvo carácter frío en Castilla y León, Madrid, País Vasco, La Rioja, Navarra, Extremadura, norte de Castilla- La Mancha y algunas zonas de Aragón y Andalucía, si bien las anomalías térmicas negativas no superaron el valor de 1º C. En el resto de las regiones peninsulares el otoño tuvo carácter térmico normal y tan sólo en el sur de Andalucía, parte de Galicia y algunas áreas dispersas del nordeste peninsular el otoño fue relativamente cálido, con anomalías térmicas positivas en estas áreas en torno a 0,5º C. En Baleares el otoño tuvo carácter frío, con temperaturas medias del orden de 0,5º C por debajo de los valores medios normales, mientras que en



Carácter de la temperatura en el otoño 2010. Fuente: AEMET

Canarias resultó muy cálido a extremadamente cálido, con temperaturas medias que alcanzaron valores entre 1 º C y 2º C por encima de los medios de la estación

El mes de septiembre resultó algo más cálido de lo normal, con unas temperaturas medias mensuales que superaron en promedio en 0,6 º C su valor normal. Fue un mes muy cálido en Galicia y algunas zonas del sureste de Andalucía y normal a cálido en el resto, con anomalías menores de +1º C. En Baleares el mes fue normal o ligeramente más frío de lo normal, mientras que en Canarias fue cálido muy cálido, aunque con anomalías térmicas no tan acusadas como en los meses anteriores. Octubre fue en cambio ligeramente más frío de lo normal, con unas temperaturas medias mensuales que se situaron en promedio 0,3 º C por debajo del valor medio normal. Este mes tuvo carácter normal en general en el tercio norte peninsular, Castilla La Mancha y la mayor parte de Andalucía. En el resto de la España peninsular el mes de octubre resultó de carácter frío, si bien las anomalías térmicas negativas fueron inferiores a 1º C. En Baleares el mes fue normal a frío y en Canarias, por el contrario, resultó cálido a muy cálido en general, con una anomalía térmica media del orden de + 1º C. El mes de noviembre resultó también relativamente frío en la mayor parte de España, con unas temperaturas medias mensuales que se situaron en promedio alrededor de 0,7º C por debajo del valor medio para este mes. Noviembre tuvo carácter muy frío en amplias áreas de Madrid, Castilla y León, Andalucía, Murcia y Extremadura, con anomalías térmicas negativas de entre 1º C y 2º C en esas regiones. En el resto de las regiones de la España peninsular y en Baleares el mes tuvo carácter normal a frío, con anomalías térmicas negativas inferiores a 1º C. Por el contrario en Canarias, como viene sucediendo a lo largo de todo este año, noviembre fue muy cálido en general, con una anomalía térmica media del orden de + 1º C.



Carácter de la precipitación en el otoño 2010. Fuente: AEMET

Las temperaturas mínimas más bajas del otoño se registraron justo al final del trimestre, en los últimos días de noviembre debido a la acción de una masa de aire frío procedente del norte de Europa. El valor mínimo en estaciones principales se registró el día 29 en Soria con -9,6º C, lo que supone el valor más bajo para el mes de noviembre de la serie de dicha estación, iniciada en 1942.

Precipitaciones

Las precipitaciones del trimestre de otoño se han situado en conjunto en torno a los valores normales de esta estación. En cuanto a la distribución geográfica de las precipitaciones se puede destacar que el otoño resultó húmedo a muy húmedo en toda la franja cantábrica desde Galicia al oeste de Navarra, así como en Andalucía, sur de Castilla-La Mancha, Canarias y parte de Baleares. En el nordeste de Andalucía, suroeste de Asturias e islas más occidentales del archipiélago canario las precipitaciones acumuladas superaron en más de un 50% a los valores normales del otoño. Por el contrario el otoño fue seco en Castilla y León y Madrid, así como en bastantes zonas de las regiones mediterráneas, siendo el déficit de lluvias más acusado en áreas costeras de Cataluña y Valencia.

El mes de septiembre fue en general algo más seco de lo normal, con una precipitación media sobre España que quedó en torno a un 20% por debajo de su valor medio. Resultó húmedo a muy húmedo en el este de Cataluña, norte de Aragón y otras zonas de las dos Castillas, Madrid, Andalucía y Extremadura, mientras que fue seco en general en el oeste peninsular y en el área levantina. En Baleares el mes fue muy húmedo en Menorca y de precipitaciones normales en el resto del archipiélago, mientras que en Canarias resultó muy húmedo en general.

Octubre fue por el contrario húmedo en conjunto, al superar la precipitación media del mes en un 25% al valor medio normal. Resultó especialmente húmedo en Galicia, Asturias, noroeste de Castilla y León y Baleares, con precipitaciones que en zonas del noroeste de Castilla y León, sur de Asturias e isla de Menorca superaron ampliamente el doble de los valores normales. Por el contrario este mes resultó seco en el sureste peninsular, con precipitaciones por debajo del 50% de los valores normales en la mitad sur de Valencia, Murcia y provincia de Almería. En Canarias resultó húmedo en conjunto, si bien con unas precipitaciones que se distribuyeron de forma muy irregular.

El mes de Noviembre fue de precipitaciones prácticamente normales en conjunto, si bien tuvo carácter húmedo a muy húmedo en Galicia, regiones cantábricas, Andalucía, Murcia, Canarias e isla de Menorca, mientras que por el contrario resultó seco en torno al centro peninsular y en las regiones mediterráneas. En zonas del norte de Valencia y sur de Cataluña, las precipitaciones acumuladas en el mes no llegaron a alcanzar el 25% del valor medio mensual, mientras que por el contrario en numerosos puntos del archipiélago canario y en algunas áreas de Murcia las precipitaciones superaron el doble de los valores medios.

Foto 1

Foto 2

Foto 3

Foto 4

Foto 5

Meteo Reportaje 2009

Coordina: Fernando Bullón

Tercer Premio

Un año entre tormentas

Autor: Jordi Martín García

ESTE Meteoreportaje está dedicado a los Cumulonimbos y, por extensión, a las tormentas en general.

Las tormentas expresan, a mi parecer, una de las manifestaciones más increíbles de energía que se pueden observar en la Naturaleza. 2009 ha sido un año generoso en cuanto a tormentas se refiere, y observarlas desde una altitud considerable renueva los sentimientos de admiración y respeto por estos fenómenos.

A continuación podrán observar e identificar sus diferentes fases y tipos. Espero que disfruten con estas imágenes, que sólo pretenden mostrarles este espléndido espectáculo meteorológico visto desde un punto de vista "diferente" al habitual.

Foto 1 - Cumulus Congestus

Cerca de Marrakech, 19-12-09, 14:35 h. Masa de aire frío procedente de Europa + Calor en superficie = Primeras ascendencias por convección.

Foto 2 – Cumulus Congestus con Velum en formación

Sobre Florencia (Italia), 10-2-09, 17:46 h. Impresionante desarrollo (ascendencias). La turbulencia era notable en la zona.

Foto 3 - Cruzando los Pirineos

11-9-09, 18:50. A esta hora, en plena actividad tormentosa, encontramos diferentes tipos de nubes de desarrollo vertical: Cumulus Congestus, Cumulonimbus Calvus y Capillatus.

Foto 6

Foto 7

Foto 8

Foto 9

Foto 10

Foto 4 - Cumulonimbus capillatus

Sobre Padova (Italia). 1-7-09, 14:40 h. Los topes de estos Cumulonimbus Capillatus se aproximan al límite superior de la troposfera, a unos 39.000 pies (13.000 m).

Foto 5 - Cumulonimbus capillatus

Esta foto es continuación de la anterior, pues está tomada sólo cinco minutos más tarde. Estamos ya descendiendo a Venecia dejando a nuestra izquierda esta potente célula que se retroalimenta, formándose nuevas tormentas en un relativo corto espacio de tiempo.

Foto 6 - El inestable mayo

Sobre el maestrazgo, 23-5-09, 19:45 h. En el mes de mayo la inestabilidad por el calentamiento diurno puede estar ya bien asentada en la Península Ibérica, y prueba de ello es este magnífico Cumulonimbus perteneciente a una tormenta localizada sobre plena comarca del Maestrazgo.

Foto 7 - Evitando la tormenta

Norte de Badajoz, 14-8-09, 21:08 h. Ese día, durante el atardecer, nos encontramos con esta tormenta bien definida al Norte de la provincia de Badajoz. En la fotografía se aprecia como dos aviones, en el centro y a la izquierda, tratan de evitarla…

Foto 8 - Mammatus.

Cerca de Turín (Italia), 13-8-09, 19:37h Una peculiaridad asociada a los Cumulonimbus que se suele observar con relativa frecuencia es la formación de mammatus por debajo de sus yunques, como sucedía en el correspondiente a esta una tormenta situada en las proximidades de la ciudad de Turín.

Foto 9 - Esperando que se retire la tormenta

Sobre Barajas, Madrid, 19-4-09, 20:02 h. Fotografía tomada mientras estamos realizando órbitas a la espera de que se desplace esta potente tormenta, para así poder aterrizar con todas las garantías de seguridad. La cantidad de descendencias que se desarrollan en la fase de madurez y las virgas nos avisan de posible cizalladura.

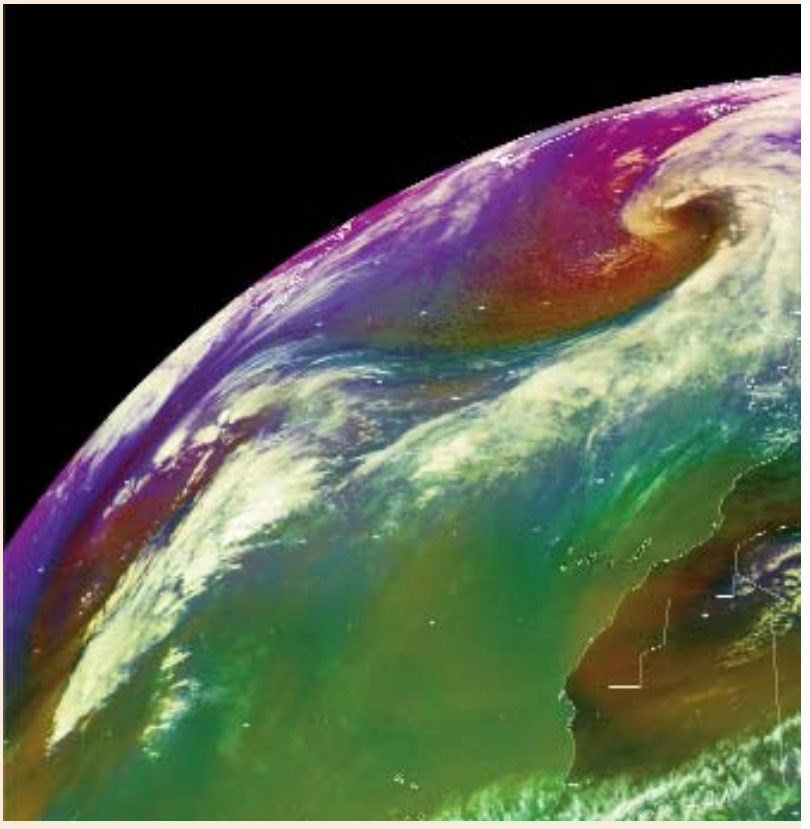
Foto 10 - Tormenta mediterránea

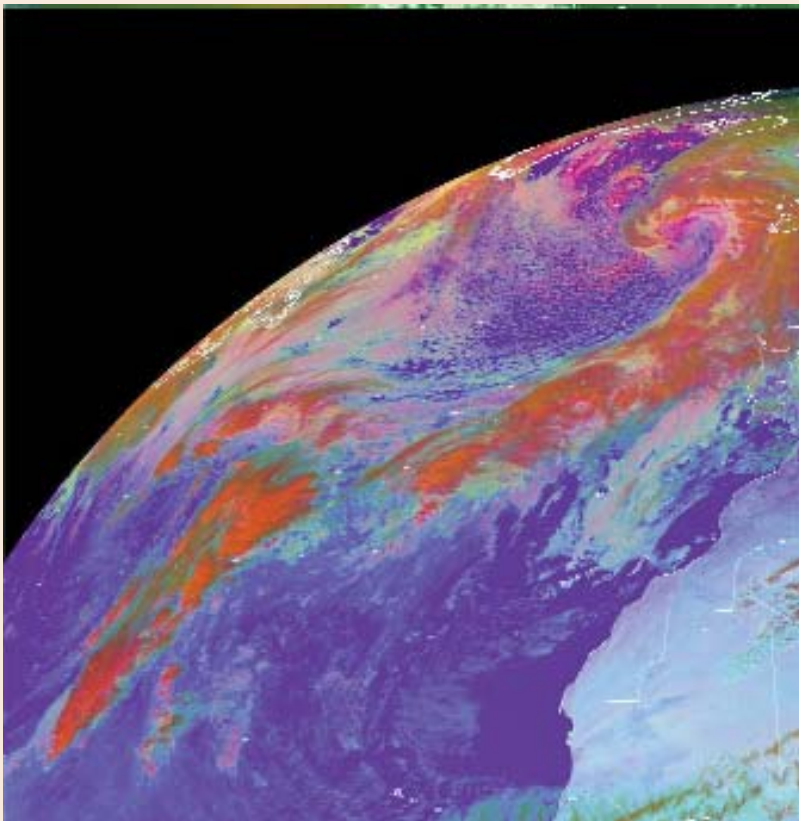
Mallorca, 27-9-09, 19:44 h. Finales de Septiembre: El calor empieza a remitir, pero la energía acumulada durante el verano en el Mar mediterráneo junto con el enfriamiento en las capas altas provocan grandes tormentas en el área mediterránea.

LA IMAGEN DEL OTOÑO

sección coordinada por Ramón Vázquez Pérez-Batallón

Borrascas vecinas





LA escena de este número está dominada por la presencia de 2 borrascas, una atlántica y otra mediterránea. La posición, intensidad y evolución de ambas condicionó el tiempo en la Península durante varios días del otoño, dándole un carácter distinto en cada una de sus vertientes.

La imagen principal corresponde al día 16 de noviembre a las 14 UTC. La borrasca atlántica es de ciclo de vida bastante clásico, y se encuentra en la fase de desarrollo rápido, con caídas de presión de ritmo explosivo, del orden de 10 milibares en 6 horas. En esta fase se suele formar el vértice ó "*cusp*" que vemos en los 2 paneles, y que normalmente se sitúa a la izquierda de la baja en superficie. La baja sobre el Mediterráneo es de ciclo de vida menos clásico, con sistemas frontales más desdibujados, y se halla en una fase más avanzada, en la cual ya no cae la presión en superficie y los vientos asociados son menos intensos respecto a su vecina atlántica.

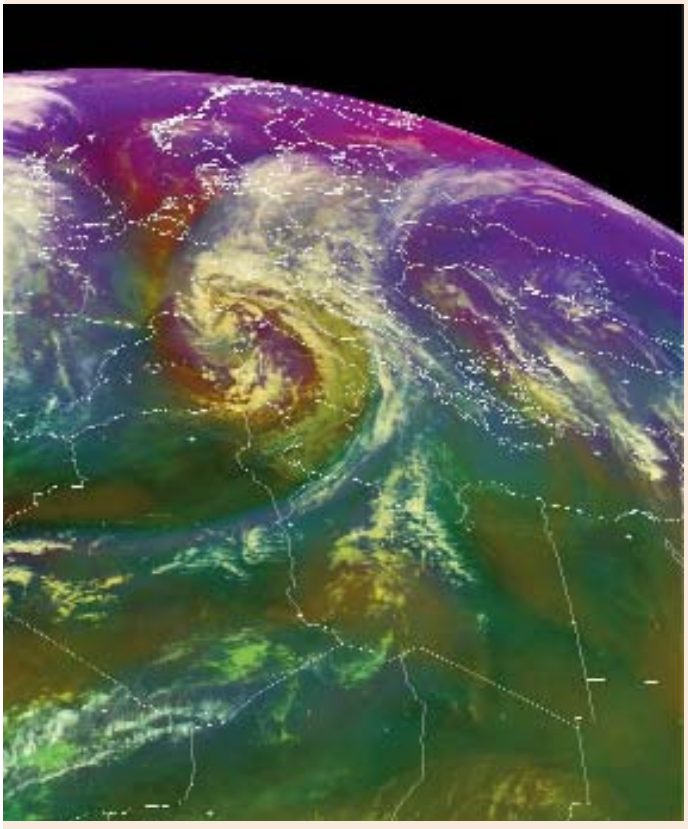
En la imagen RGB de masas de aire, panel superior, podemos ver en las proximidades de ambas borrascas similitudes y diferencias que nos hablan del carácter térmico y dinámico de las mismas. La principal diferencia es que sobre la baja mediterránea la RGB muestra tonos azulados ó morados, que nos dicen que sobre la vertical de la misma tenemos aire polar, no subsidente. Esto no ocurre en la borrasca atlántica , al menos en esta fase de su desarrollo, en la cual, para llegar al aire polar nos tenemos que alejar bastante más del centro de la baja en superficie. En ambos casos, a una cierta distancia y corriente arriba, los tonos anaranjados nos hablan de la presencia de aire polar subsidente en niveles altos, ingrediente fundamental en la mayoría de las ciclogénesis de latitudes medias.

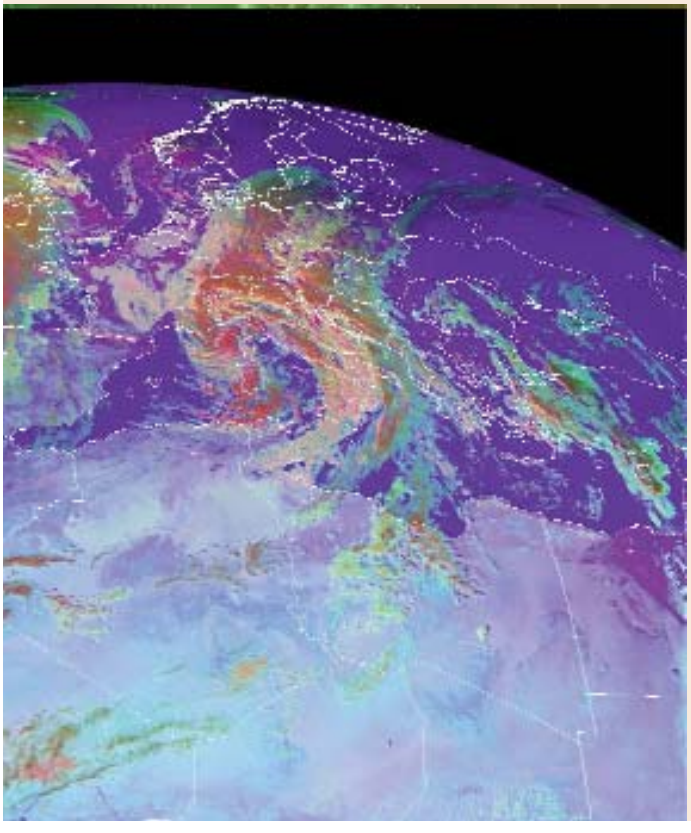
En el panel inferior, vemos la RGB de microfísica de nubes, recomendada para imágenes diurnas, pues su poder detector se basa en la reflectancia en el canal IR3.9, que aporta información sobre tamaño y fase de las partículas nubosas. Aparecen en tonos blanquecinos las nubes bajas con gotitas pequeñas, que no suelen precipitar, mientras que las nubes con gotas de agua más grandes aparecen en tonos rosados. Las nubes con agua sobre-enfriada aparecen en tonos amarillentos y

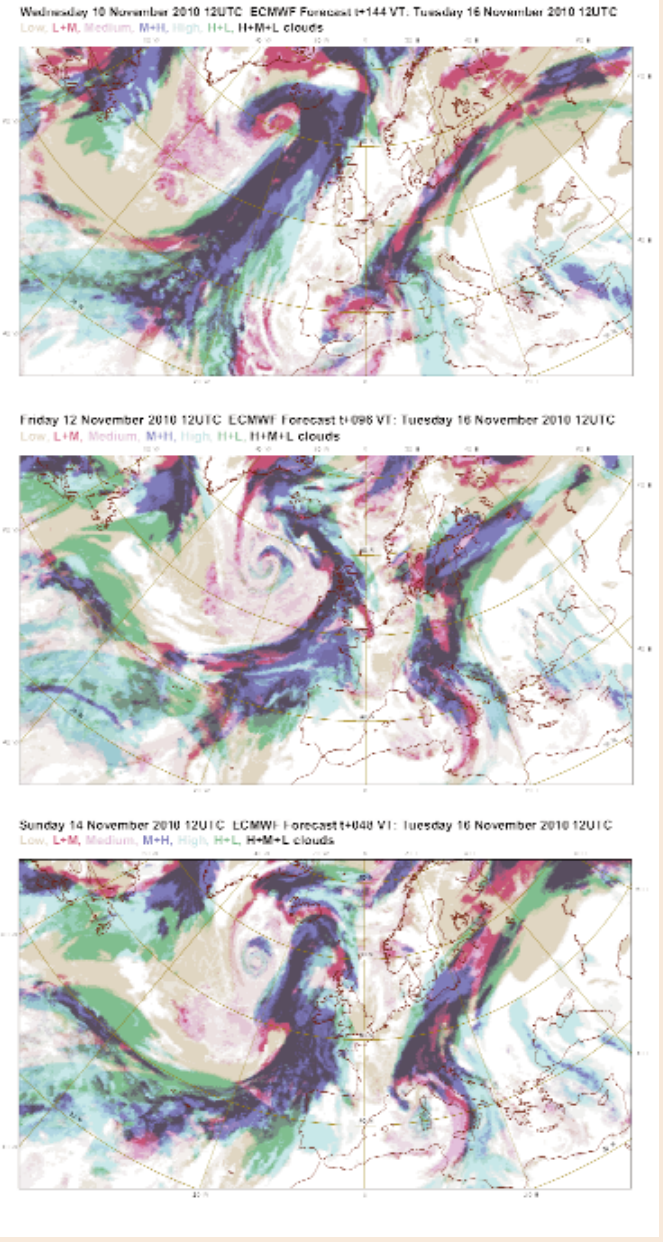
Composición de imágenes de MSG, del
16 de noviembre de 2010 a las 14 UTC

Arriba: RGB de masas de aire. Abajo: RGB de microfísica diurna
(R= VIS 0.8, G= IR 3.9 (reflectancia), B=IR 10.8)

Fuente: www.eumetsat.int







Campos de nubosidad en distintos niveles previstos por el modelo del Centro Europeo, válidos para el día 16 de noviembre a las 12 UTC, y para rangos de predicción (de abajo a arriba): H+48, H+96 y H+ 144 horas. Fuente: www.ecmwf.int

las nubes con partículas de hielo grandes en sus topes, aparecen rojizas, frente al tono anaranjado en el caso de partículas de hielo pequeñas.

Finalmente, se añade un gráfico con 3 salidas del modelo del Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio (ECMWF) que nos muestran los campos de nubosidad en distintos niveles, pronosticados para el día 16 a las 12 UTC, correspondientes a 3 periodos de predicción distintos (2, 4 y 6 días). Estos paneles nos pueden servir para realizar una valoración subjetiva de la "habilidad" del modelo en esta situación meteorológica, a la hora de representar los ciclos de vida de las 2 borrascas extra-tropicales, según el plazo de predicción considerado.

El Proyecto SAF de *Nowcasting* (NWCSAF)

Cecilia Marcos y Pilar Fernández. AEMET - Madrid

El concepto de SAF (*Satellite Application Facility*) fue introducido por EUMETSAT en 1992 para aprovechar las habilidades y conocimientos de sus estados miembro. Estos Centros de Aplicaciones de Satélite son considerados centros de excelencia para el procesado y la explotación de los datos de satélite. Su misión es el procesado de las observaciones tomadas por los satélites para la generación de productos meteorológicos y geofísicos de alto valor añadido que son usados en determinadas áreas de actividad o temas meteorológicos. Actualmente existen ocho SAFs que proporcionan software, productos y servicios, algunos lo hacen ya de manera operacional y otros continúan bajo desarrollo.

La red de SAFs forma parte del Segmento Terreno de Aplicaciones de EUMETSAT y los servicios, datos y desarrollos que se realizan dentro de estos SAFs complementan aquellos llevados a cabo por el Sistema Central de Aplicaciones de Satélite (CAF) de EUMETSAT. Uno de estos centros es el SAF de *Nowcasting* (NWCSAF).

Figura 1 - Localización de los centros que lideran cada uno de los SAF que componen la red de SAFs de EUMETSAT

El SAF de *Nowcasting* se crea en 1996 con el fin de mejorar la explotación de los datos recogidos por los satélites Meteosat Segunda Generación (MSG) y los sensores embarcados en las plataformas polares MetOp y NOAA, y facilitar con ello las labores de *nowcasting*. Su objetivo es el continuo desarrollo y distribución de paquetes de software orientados a la obtención de productos útiles en las labores de *nowcasting*, así como proporcionar un soporte a los usuarios de manera rápida y eficaz. Estos paquetes de software son instalados de manera local por los usuarios. Ya que las labores de *nowcasting* dependen de la disponibilidad de productos derivados de datos de satélite en tiempo casi real y de su consiguiente interpretación por parte de los predictores, los objetivos del SAF del *Nowcasting* son la creación y distribución del sofware para que los usuarios puedan obtener los productos de manera local así como el soporte a los usuarios y la formación necesaria para poder sacar el máximo partido de dicha información. Además, dicho software es capaz de reprocesar los productos disponibles con datos de archivo, permitiendo al usuario el estudio de situaciones pasadas en el área elegida de acuerdo con sus necesidades.

El paquete de software distribuido por el SAF de *Nowcasting* puede ser instalado en cualquier PC con sistema operativo Linux. También corre bajo Solaris e IBM AIX.

Los productos obtenidos a través del software que distribuye el SAF de *Nowcasting* a sus usuarios son estudiados y mejorados de manera continua a través de los estudios de validación llevados a cabo por el equipo científico del proyecto y de acuerdo con las necesidades de los usuarios.

Actualmente el SAF de *Nowcasting* cuenta con 90 usuarios entre los que se encuentran servicios meteorológicos de países miembros y asociados a EUMETSAT, universidades como la Universidad Nacional de Irlanda y la Universidad de Berna (Suiza), compañías privadas como Austro Control y MeteoConsult e instituciones como BGIO y CNRS.

El proyecto SAF de *Nowcasting* está formado por un consorcio en el que participan la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), que actúa como entidad líder, y los servicios meteorológicos de Francia (Météo-France), Suecia (SMHI) y Austria (ZAMG).

Productos meteorológicos

El paquete de software distribuido por el SAF de *Nowcasting* permite la generación de 13 productos para ser utilizados como apoyo a las labores operativas y de investigación. El paquete tiene dos partes que se diferencian en el tipo de datos de entrada suministrados. La parte NWCSAF/MSG está preparada para ser utilizada con datos del satélite MSG y la parte NWCSAF/PPS corre con datos recogidos por los satélites de las series MetOp y NOAA.

Existen distintos tipos de productos. Por una parte están los productos de nubes. Estos están presentes tanto en la parte NWCSAF/MSG como en la NWCSAF/PPS. Estos productos son la Máscara Nubosa (*Cloud Mask*), el Tipo de Nube (*Cloud Type*) y la Temperatura, Presión y Altura de los Topes Nubosos (*Cloud Top Temperature and Height*). Por otra parte están los productos dedicados a precipitación y convección. Entre ellos se encuentran el producto de Nubes Precipitantes (*Precipitating Clouds*), el de Precipitación Convectiva (*Convective Rainfall Rate*) y el de Tormentas en Rápido Desarrollo (*Rapid Development*

Thunderstorms). De estos, el único que además de encontrarse en la parte de NWCSAF/MSG también se encuentra en NWCSAF/PPS es el producto de Nubes Precipitantes. El resto de productos están únicamente disponibles en el paquete NWCSAF/MSG. Entre estos últimos se encuentran los productos de aire claro, que se dividen en Agua Precipitable Total (*Total Precipitable Water*) y por Capas (*Layered Precipitable Water*), e Imagen de Análisis de Estabilidad (*Stability Analisys Imagery*). Por último están el producto de vientos, Vectores de Viento a Alta Resolución (*High Resolution Winds*) y los de modelos conceptuales, Análisis de Masas de Aire (*Air Mass Analisys*) e Interpretación Automática de Imágenes (*Automatic Satellite Image Interpretation*). A continuación se da una breve descripción de cada uno de ellos.

La Máscara Nubosa identifica como nuboso, parcialmente nuboso, sin nube o cubierto de nieve o hielo, a cada uno de los píxeles de la imagen. Además, este producto también dispone de *flags* que identifican nubes de polvo y plumas volcánicas.

El producto correspondiente al Tipo de Nube clasifica cada uno de los píxeles identificados como nubosos asignándole un tipo de nube. Dicha clasificación diferencia entre nubes fraccionales, semitransparentes, altas, medias y bajas (incluyendo niebla). Además dispone de un *flag* que proporciona información sobre la fase del tope nuboso. Un ejemplo de la salida principal de este producto se puede observar en la Fig. 2.

El producto Temperatura y Altura de los Topes Nubosos proporciona información acerca de la temperatura, altura y presión de cada uno de los píxeles que han sido identificados como nubosos en la imagen de satélite.

Nubes Precipitantes asigna probabilidades de precipitación dentro de intervalos predefinidos a todas la nubes clasificadas como precipitantes dentro de una imagen.

El producto de Precipitación Convectiva dispone de dos salidas principales. Una de ellas asigna cantidades de precipitación instantánea a las nubes convectivas y a aquellas estratiformes asociadas con convección, dentro de intervalos predefinidos. La otra da información sobre la acumulación de precipitación producida en la última hora en el mismo tipo de nubes e intervalos que lo hace la salida anterior.

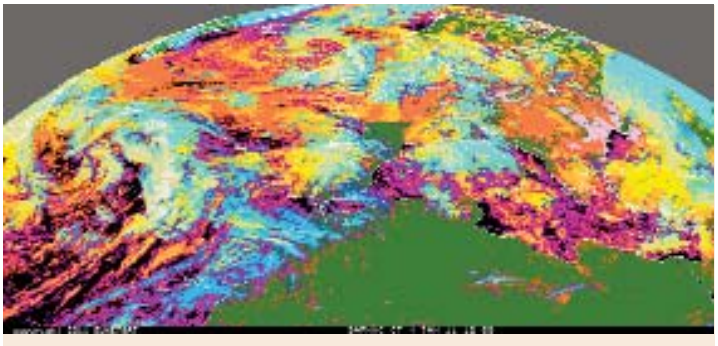


Figura 2 - Salida principal del producto Tipo de Nube correspondiente a las 12:00 UTC del día 4 de enero de 2011.

El producto de Tormentas en Rápido Desarrollo tiene como objetivo la identificación, vigilancia y seguimiento de sistemas de nubes convectivas así como la detección de células convectivas de crecimiento rápido. Un ejemplo de este producto se muestra en la Fig. 3.

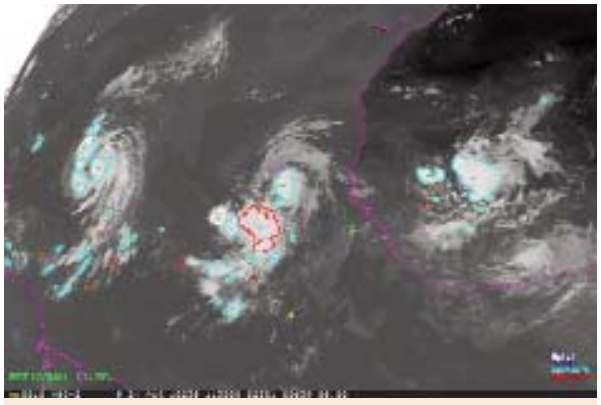


Figura 3 - Resultado del producto Tormentas en Rápido Desarrollo durante la evolución de los huracanes *Danielle* y *Earl* el 24 de agosto de 2010.

Los productos de aire claro se pueden obtener a partir de dos procedimientos distintos. El primero de ellos son las redes neuronales, que han sido entrenadas para proporcionar información sobre el agua precipitable total y el agua precipitable por capas en milímetros, así como información sobre el índice de inestabilidad *Lifted Index* (LI), para todos los píxeles no nubosos de una imagen. La otra aproximación consiste en un *retrieval* físico que además de dar información sobre los parámetros anteriormente mencionados, calcula los índices de inestabilidad *Showalter Index* (SHW) y *K-Index* (KI).

Los Vectores de Viento a Alta Resolución proporcionan información sobre conjuntos de vectores de movimiento atmosférico en diferentes niveles de presión a alta resolución. Además, este producto proporciona información sobre el posible error cometido en el cálculo de los vectores de viento en términos probabilísticos. Se muestra un ejemplo de este producto en la Fig 4.

El producto Analisis de Masas de Aire hace una clasificación de las masas de aire que se encuentran en la imagen tratando de identificar las zonas de aire cálido y húmedo donde es más probable que se inicien fenómenos convectivos. También busca las regiones con fuertes gradientes de temperatura potencial equivalente que indican posibles zonas prefrontales donde existe una probabilidad más alta de formación de células convectivas. Además trata de localizar de manera objetiva las zonas más oscuras de las imágenes de vapor de agua donde existe aire seco en la troposfera alta, cuya existencia también está relacionada con el inicio de la convección.

El producto Interpretación Automática de Imágenes tiene dos posibles salidas. Una en la que los resultados han sido calculados únicamente utilizando las bandas del sensor SEVIRI y otra en la que además de estas, se han utili-

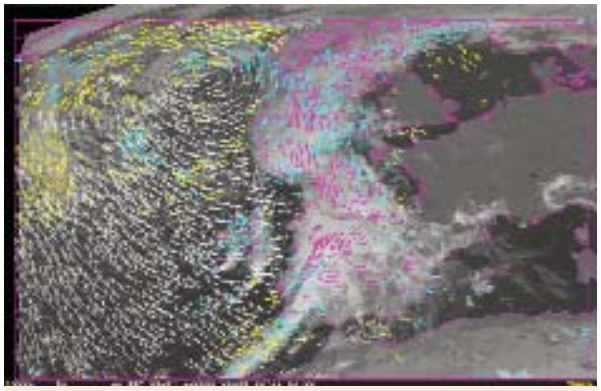


Figura 4 - Vectores de viento mostrados por el producto Vectores de Viento a Alta Resolución durante la tormenta tropical *Gordon* el 21 de septiembre de 2006.

zado parámetros tomados de un modelo numérico. El objetivo de este producto es localizar en la imagen los distintos tipos de situaciones que se puedan estar dando en base a modelos conceptuales. De esta forma, Interpretación Automática de Imágenes, es capaz de localizar zonas frontales, oclusiones, ciclogénesis rápidas, nubosidad provocada por ondas de Lee, etc. La Fig 5 muestra un ejemplo de la salida de este producto.

Existen dos formatos de salida para los productos del SAF de *Nowcasting*. Aquellos cuyo resultado toma la forma de una imagen se generan en formato HDF5 (*Hierarchical Data Format* 5) y aquellos cuya salida tiene la forma de un boletín se generan en formato BUFR (*Binary Universal Form*).

Actualmente el proyecto SAF de Nowcasting se encuentra en una etapa de continuo desarrollo y operaciones enmarcada entre los años 2007 y 2012, en la que la mayor parte de los productos han sido declarados operacionales en las auditorías externas, tanto científicas como técnicas, a las que se ve sometido el proyecto. Además, en estos momentos, el equipo del proyecto está trabajando en el diseño de una nueva etapa de trabajo que tendrá lugar entre los años 2012 y 2017, en la que se prevén importantes avances y mejoras en casi todos los productos, además de la creación de productos nuevos, siempre basados en las necesidades expresadas por los usuarios.

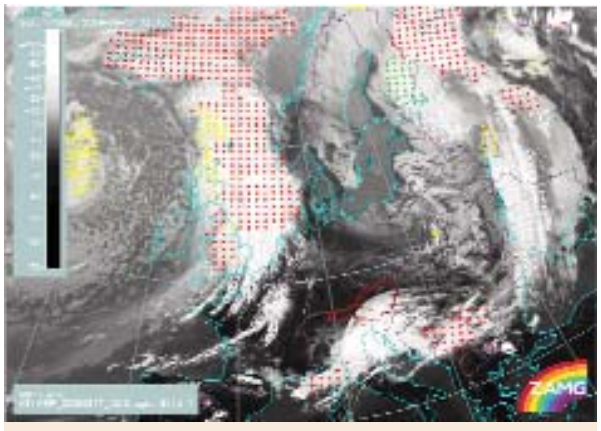


Figura 5 - Resultado del producto Interpretación Automática de Imágenes superpuesto a la nubosidad mostrada en el canal 10,8 µm de SEVIRI el 17 de junio de 2009.

Soporte a usuarios

Como ya se ha mencionado anteriormente, el objetivo del proyecto, además de la creación y distribución del software, es la atención y soporte a usuarios. Dicho soporte, que cubre tanto cuestiones técnicas como científicas, se hace de manera rápida y eficiente a través de una página web denominada NWCSAF Help Desk (www.nwcsaf.org). Esta web tiene una parte externa abierta a todo el público, cuyo aspecto se observa en la Fig. 6, y una parte interna restringida a los usuarios con licencia. En la parte externa puede encontrarse información general acerca del proyecto, toda la documentación referente a la última versión de software distribuida, información sobre visitas científicas realizadas en el marco del proyecto y las condiciones de distribución del software. También existe una sección dedicada a publicitar los eventos más recientes relacionados con el proyecto y otra sección, denominada "T*opical Images Gallery*" en la que se pueden encontrar situaciones

Figura 6 - Vista de la página externa del *Help Desk* del SAF de *Nowcasting*.

interesantes mostradas a través de las salidas de los productos, comparaciones con otro tipo de productos e información acerca del funcionamiento de algunos productos.

Aunque lo que se distribuye a través del proyecto SAF de *Nowcasting* es software, AEMET tiene implementado un sistema de referencia local en el que se procesan todos los productos en su versión más reciente, en tiempo casi real, en un área que cubre toda Europa. Las salidas de este sistema de referencia son puestas a disposición del público a través de la página externa del NWCSAF Help Desk.

Desde la parte interna del NWCSAF Help Desk, los usuarios con licencia pueden descargarse la última versión del paquete de software, hacer preguntas y sugerencias en un buzón de correo específicamente destinado a ello, enviar informes sobre posibles errores detectados, descargar toda la documentación referente al proyecto no solo la versión más reciente, acceder a un apartado de preguntas más frecuentes acerca de cómo instalar el software, etc.

En cada una de las fases del proyecto se organizan talleres específicos en los que se informa a los usuarios sobre los distintos aspectos de los productos y del funcionamiento y evolución del proyecto. En dichos talleres los propios usuarios también tienen la oportunidad de comentar sus experiencias con los productos además de hacer sugerencias acerca de sus necesidades futuras. Esta información recopilada en los talleres, así como la recogida a través de encuestas rellenadas por los propios usuarios, es utilizada con el fin de seguir mejorando el resultado de los productos desarrollados en el marco del proyecto.

Como ejemplo de los productos generados por el SAF se ofrecen a continuación descripciones detalladas de algunos de ellos, desarrollados por técnicos de AEMET.

NWCSAF: Producto de precipitación convectiva PGE05-*Convective Rainfall Rate* (CRR)

Cecilia Marcos y Antonio Rodríguez. AEMET - Madrid

EL objetivo del producto PGE05 CRR (*Convective Rainfall Rate) del* NWCSAF es la estimación de la cantidad de precipitación (instantánea y acumulaciones horarias) asociada a sistemas convectivos mediante la utilización de canales SEVIRI (IR10.8, WV6.2 y VIS0.6) y de matrices de calibración generadas a partir de datos SEVIRI y radar. Este producto se puede obtener, con la misma resolución de la imagen de satélite, cada 15 minutos (modo normal) a partir de los datos SEVIRI emitidos por el satélite MSG-2, y cada 5 minutos (modo *Rapid Scan*) si se utiliza la información procedente del satélite MSG-1.

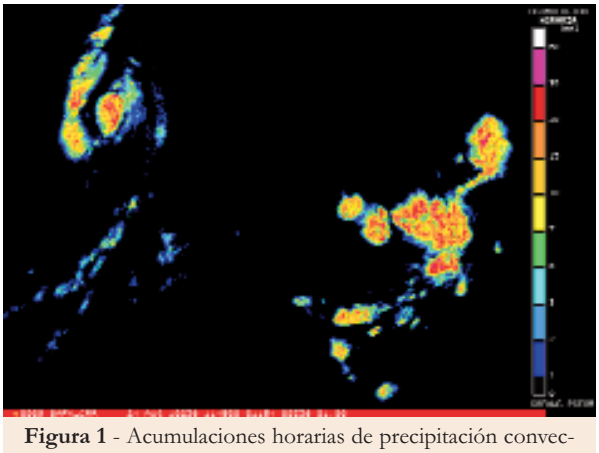


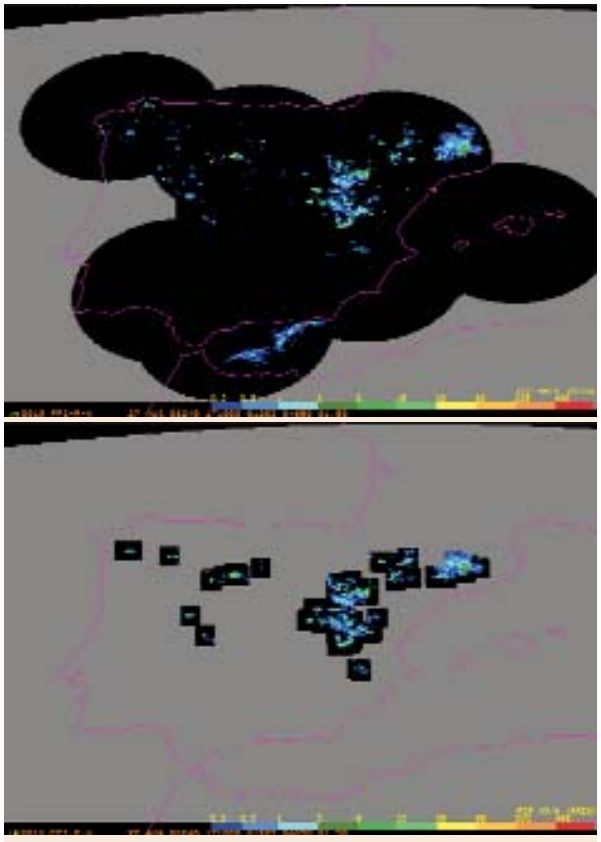
Figura 1 - Acumulaciones horarias de precipitación convectiva detectadas por el producto CRR durante la evolución de los huracanes *Danielle* y *Earl* el 24 de agosto de 2010

El algoritmo desarrollado para el producto CRR se basa en la hipótesis de que las nubes altas con gran espesor vertical son las que más probabilidad tienen de producir precipitación. Información de la altura del tope nuboso y del espesor de la nube se puede obtener de la temperatura de brillo del canal infrarrojo (IR - 10,8 μm) y de la reflectancia del canal visible (VIS - 0,6 μm), respectivamente. Además, la diferencia de temperaturas de brillo de los canales del infrarrojo (IR - 10,8 μm) y del vapor de agua (WV – 6,2 μm) es un parámetro muy útil para detectar nubes convectivas con precipitaciones intensas.

El valor básico de la intensidad de precipitación CRR para cada píxel se obtiene de matrices de calibración. Estas matrices son diferentes si el software utiliza o no el canal solar, de forma que la intensidad de precipitación R se obtendría como función de tres o dos variables. A saber:

R = f (IR, IR-WV, VIS), para calibración 3-D
R = f (IR, IR-WV), para calibración 2-D

El método de calibración esta basado en técnicas estadísticas a partir de la comparación píxel a píxel de las intensidades de precipitación de las imágenes de composición radar con la información de los correspondientes canales SEVIRI. Para ello, a parte de la coincidencia temporal de ambas imágenes, se busca una coincidencia geográfica a través de la reproyección de las imágenes radar a la proyección del satélite. Los datos radar se utilizan solo para el entrenamiento del sistema, no usándose directamente en el proceso de cálculo de las intensidades CRR. Debido a que el producto CRR trata de asignar precipitación en eventos convectivos, el proceso de calibración se ha llevado a cabo únicamente con fenómenos de este tipo. Para ello se ha hecho uso de la información proporcionada por el producto *EchoTop* del radar, de manera que el área de calibración se ha restringido a cajas de 15x15 píxeles alrededor de zonas con al menos 3mm/h de intensidad de precipitación y ecos de 6 km simultáneamente. Una imagen de este tipo puede observarse en la Fig. 2.



Figuras 2 - Arriba: imagen de la composición nacional del producto PPI (*Plan Position Indicator*) del radar en la proyección del satélite MSG-2. Abajo: área tenida en cuenta en el proceso de calibración del producto CRR.

Proceso y descripción del algoritmo

El primer paso que sigue el algoritmo para la asignación de intensidades de precipitación convectiva es leer en las matrices de calibración la cantidad de precipitación. Para ello se usan como entrada los valores de temperaturas de brillo y reflectancias de los canales SEVIRI. Una vez obtenida la intensidad de precipitación correspondiente a cada píxel, se realiza un filtrado para eliminar la lluvia estratiforme no asociada a convección. El valor básico CRR en un píxel se pone a cero si todos los píxeles que lo rodean, contenidos en un grid de tamaño seleccionado, no alcanzan un cierto umbral de intensidad de precipitación. El tamaño del grid y el umbral para el filtrado pueden ser elegidos por el usuario a través de un fichero de configuración.

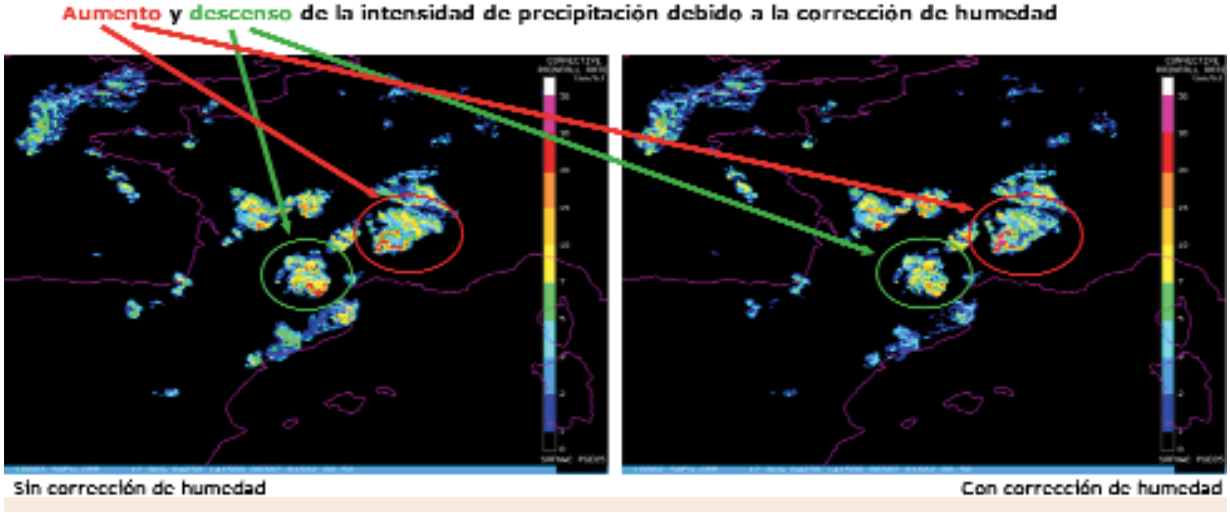
Para tener en cuenta la variabilidad espacial y temporal de los topes nubosos, la cantidad de humedad disponible para producir lluvia y la influencia de la orografía en la distribución de la precipitación, se pueden aplicar, a elección del usuario, ciertos factores de corrección, como son la corrección de humedad, la corrección de evolución o gradiente, la corrección de paralaje y la orográfica. En la última versión del producto también es posible tener en cuenta la ocurrencia de actividad eléctrica durante las tormentas.

Corrección de humedad

Cuando las tormentas tienen lugar en ambientes muy húmedos, la intensidad de precipitación calculada debe ser mayor que cuando se presentan en masas de aire secas. Para tener en cuenta este efecto se ha desarrollado un factor de humedad que ajusta las estimaciones cuando el aire está seco o es muy húmedo. Este factor PWRH, se calcula como el producto del agua precipitable, PW, en pulgadas, en la capa comprendida entre la superficie y el nivel de 500 hPa y la humedad relativa media, en tanto por ciento, RH, en la misma capa.

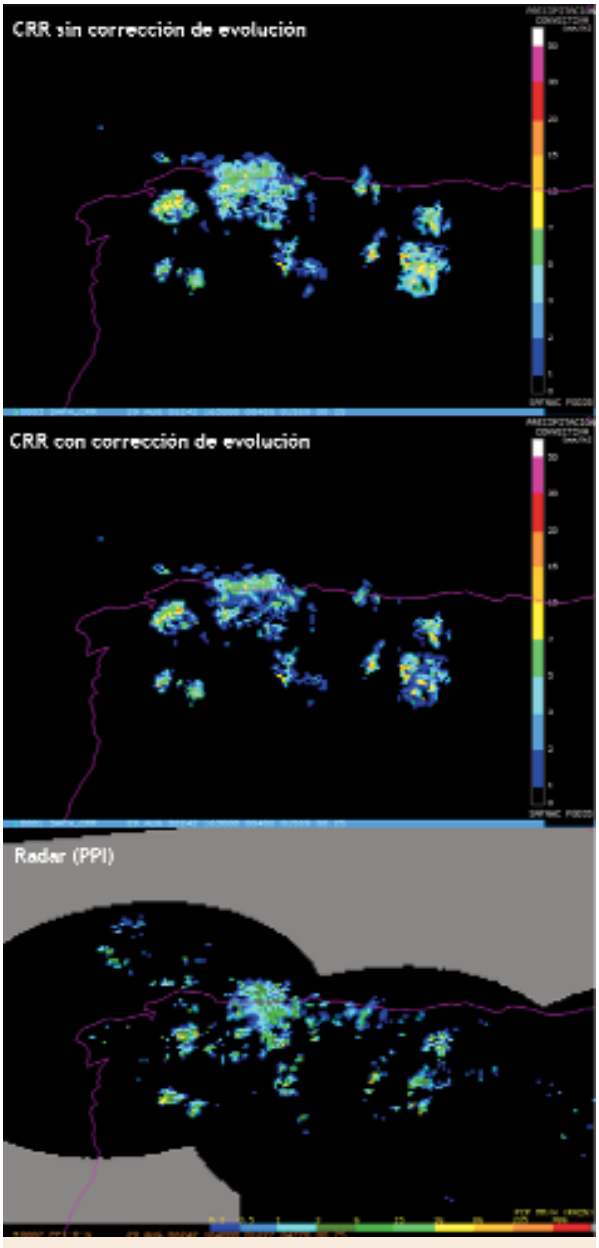
El valor del factor PWRH toma valores entre 0.0 y 2.0, y el ambiente se considera seco si PWRH es significativamente menor que 1.0 y bastante húmedo si PWRH es mayor que 1.0. La intensidad de precipitación se multiplica por este factor cuando el usuario decide aplicar la corrección de humedad. El efecto que produce esta corrección se puede apreciar en la Fig. 3.

Figuras 3: Comparación de imágenes, antes (izq.) y después (dcha.) de aplicar la corrección de humedad a las intensidades de precipitación del producto CRR.



Corrección de evolución

Esta corrección asume que un sistema convectivo se intensifica si la temperatura de brillo en el canal IR10.8 de SEVIRI disminuye con el tiempo y se debilita si esa temperatura aumenta. Por ello, cuando se aplica la corrección de evolución, se compara el valor que toma dicha temperatura en dos imágenes consecutivas para el mismo píxel. En el caso de que este valor disminuya, se aplica un ajuste al valor de la intensidad de precipitación para tener en cuenta el decaimiento del sistema convectivo. La figura 4 muestra el efecto que produce el aplicar esta corrección sobre el producto.



Figuras 4 - Comparación de una imagen CRR antes y después de aplicar la corrección de evolución y del producto PPI del radar en el mismo instante.

En caso de que no se disponga de dos imágenes consecutivas del canal IR10.8 de SEVIRI, existe una corrección alternativa a la de evolución, denominada corrección del gradiente. En este caso se intenta determinar si el sistema convectivo se está fortaleciendo o se está debilitando a través de la localización de máximos y mínimos locales de temperatura de brillo en una misma imagen IR10.8.

Corrección de paralaje

Para aplicar una corrección que tenga en cuenta el efecto de la orografía en la evolución de las nubes convectivas, es necesario conocer la posición exacta de dichas nubes. Debido al efecto de paralaje, a partir de ciertas latitudes, los topes nubosos parecen estar más lejos de lo que realmente están desde la posición del satélite. Para corregir este efecto es necesario saber la posición del satélite, la

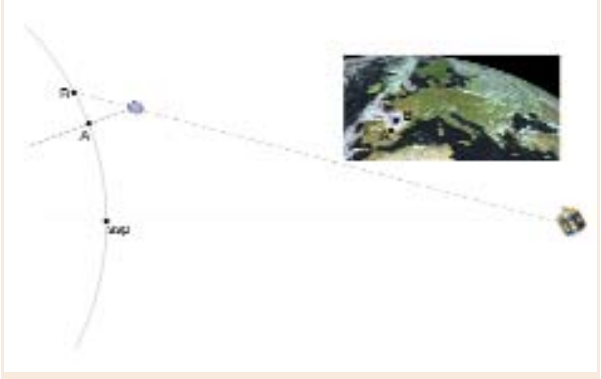


Figura 5 - Efecto de paralaje

posición aparente sobre la tierra de la nube y la altura del tope nuboso, que se puede obtener con ayuda de un modelo numérico. Con los datos correspondientes y un algoritmo geométrico se calcula el desplazamiento espacial que hay que aplicar a cada píxel.

Corrección orográfica

La corrección orográfica se basa en la interacción entre el viento a 850 hPa y la pendiente del terreno en la dirección del viento, creando un factor que aumenta o reduce la intensidad de precipitación estimada

Algoritmo de rayos

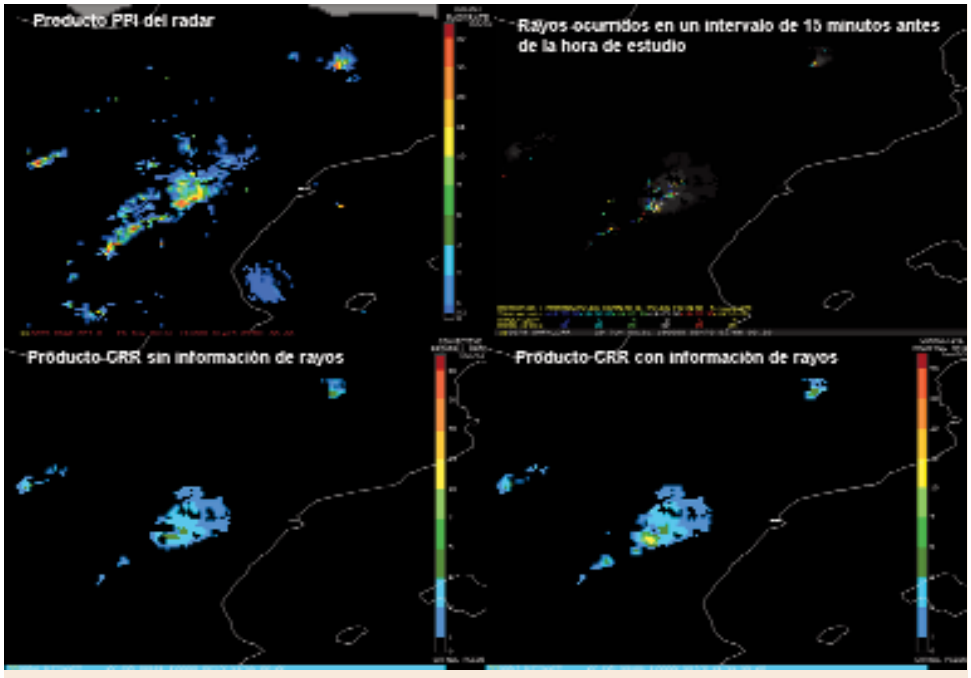
Debido a que la actividad eléctrica puede proporcionar una información muy valiosa en las situaciones convectivas, una vez aplicadas las correcciones a la intensidad de precipitación asignada mediante las matrices de calibra-

ción, se puede aplicar un algoritmo de rayos que proporciona un patrón de precipitación que se combina con el obtenido previamente complementándolo. Por lo tanto, la información sobre la ocurrencia de rayos ha sido incluida como entrada adicional del producto. El algoritmo de rayos solo utiliza descargas nube-tierra.

Para incorporar esta información en el producto, a cada rayo se le asigna una intensidad de precipitación que depende de:

- La distancia temporal entre la ocurrencia del rayo y el momento en que el satélite escanea el centro de la región procesada.
- La localización espacial del rayo.
- La densidad espacial de rayos en un determinado intervalo temporal.

Una vez que el patrón de precipitación a partir de los rayos ha sido calculado, se compara con el patrón CRR para obtener el producto final, que contendrá la mayor intensidad de precipitación de las obtenidas por ambos métodos.



Figuras 6 - Comparación del producto CRR con y sin rayos con los rayos tenidos en cuenta por el producto y la imagen radar en un evento ocurrido durante la noche

Este algoritmo de rayos es especialmente útil por la noche, ya que en esos momentos, debido a la ausencia de canal visible, el producto ofrece peores resultados. Un ejemplo de ello se pude ver en la Fig. 6.

Al final del proceso los valores resultantes de las intensidades de precipitación CRR en mm/h se utilizaran para obtener dos salidas diferentes del producto: Clases CRR (las intensidades en mm/h se dividen en 11 clases como se representa en los ejemplos mostrados) y Acumulaciones horarias CRR en mm (calculadas a partir de una integración trapezoidal incluyendo las intensidades de precipitación correspondientes a la hora anterior al momento del proceso).

Validación del producto

Para comprobar los resultados obtenidos por el producto se han realizado diversas validaciones. En primer lugar, con el fin de comprobar el valor añadido del algoritmo de rayos incluido en el producto, se ha realizado una validación visual y otra objetiva contra radares en España. La validación objetiva no muestra grandes cambios en los estadísticos calculados, sin embargo, la validación visual muestra una mejora del producto en aquellos casos ocurridos durante la noche donde la ocurrencia de rayos fue significativa.

Por otra parte, se ha realizado una validación en Hungría con el objetivo de comprobar la validez del producto fuera del área de calibración. Los resultados de dicha validación se muestran similares a los obtenidos sobre España y siempre dentro de los objetivos requeridos por el proyecto.

Planes futuros

Aunque se trata de un producto útil sobre todo en eventos con convección severa, CRR muestras algunas debilidades como por ejemplo, su alta dependencia con los canales IR de SEVIRI. Esta dependencia hace que su comportamiento en casos donde los topes nubosos no son muy altos o en el caso de "*cold rings*", no sea satisfactorio.

Con el fin de mejorar estos aspectos del producto, se planea cambiar el algoritmo actual por uno que haga uso directo de las propiedades microfísicas de los topes nubosos durante el día. Ya que durante la noche dichos parámetros no están disponibles, se está estudiando la posibilidad de generar un algoritmo que use diferencias de canales SEVIRI para la noche.

Otro de los planes futuros es la adaptación del producto a otros satélites geoestacionarios, como el futuro satélite americano GOES-R o la nueva generación de satélites japonesa MTSAT.

Por último, y como el resto de productos del NWCSAF, CRR será adaptado para trabajar con el instrumento de imágenes de MTG así como para usar los datos del detector de rayos que viajará a bordo de dicho satélite.

NWCSAF: Productos de aire claro PGE13 SPhR

Miguel Ángel Martínez y Ramiro Romero. AEMET - Madrid

ENTRE los productos disponibles procedentes de datos de satélites geoestacionarios se encuentran los productos de aire claro, llamados así debido a que sólo proporcionan información en zonas despejadas de nubosidad. Uno de ellos es el algoritmo de *physical retrieval* (recuperación física) o también llamado PGE13 SPhR (*Seviri Physical Retrieval*), capaz de obtener los perfiles de temperatura y humedad atmosféricos en cada píxel de aire claro. Para ello utiliza datos procedentes de campos de modelos numéricos junto con datos procedentes de los canales infrarrojos y de vapor de agua del instrumento SEVIRI, un radiómetro de 12 canales situado a bordo del Meteosat de segunda generación. El producto, disponible en la dirección web http://www.nwcsaf.org, es capaz de proporcionar información cada 15 minutos en cada pixel despejado.

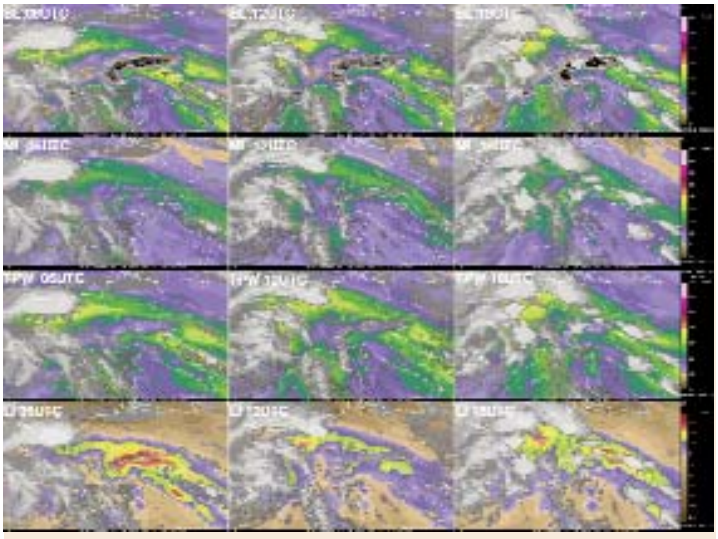
Una vez obtenidos los perfiles de humedad y temperatura, es posible calcular a partir de ellos varios parámetros, tales como el agua precipitable total y en varias capas, además de varios índices de inestabilidad.

Los parámetros obtenidos relacionados con el agua precipitable son cuatro: el agua precipitable total (TPW, *Total Precipitable Water*)), el agua precipitable en la capa baja (BL, *Boundary Layer*), desde superficie a 850 hPa.; el agua precipitable en la capa media (ML, *Medium Layer*), desde 850 hPa. a 500 hPa.; y el agua precipitable en la capa alta (HL, *High Layer*), desde 500 hPa hasta el tope de la atmósfera.

La evaluación de la distribución de humedad es crítica para determinar las posibilidades de convección, tiempo severo y precipitaciones intensas. Las tormentas se desarrollan con bastante frecuencia en lugares donde la humedad es alta o donde algunos procesos pueden hacer que ésta aumente, ya que es uno de los ingredientes necesarios para la convección. Una manera de cuantificar lo anterior es mediante el cálculo del agua precipitable, ya que es una medida de la masa de vapor de agua contenida en una columna vertical de atmósfera de sección unidad y espesor delimitado entre dos niveles de presión y cuyas unidades son kg/m^2. Casi toda la contribución al agua precipitable total (TPW) proviene de la capa comprendida entre la superficie y el nivel de 500 hPa.

La inestabilidad es otro de los ingredientes que intervienen en la convección. Los índices de inestabilidad térmicos fueron desarrollados para ayudar en la predicción de tormentas y tiempo severo usando como datos de entrada perfiles de temperatura y humedad procedentes de los radiosondeos. El uso de estos índices no se puede generalizar, y por tanto necesita fundamentarse en experiencias previas de utilización, dependiendo de la región en que nos encontremos así como del régimen meteorológico que prevalezca. Entre muchos de los índices de inestabilidad disponibles, en la versión 2010 del producto han sido escogidos los siguientes: *Liftex Index* (Galway, 1956) y (Miller, 1972), *Showalter Index* (Showalter, 1947) y *K-Index* (George, 1956), todos ellos expresados en Kelvin.

Como salidas adicionales del producto también se proporcionan las diferencias entre los parámetros anteriores y los mismos parámetros calculados solamente con los campos previstos por el modelo numérico, además de unos indicadores de calidad.



Fuerte convección sobre Europa. Caso de estudio del 25 de Mayo de 2009 seleccionado por CWG (*Convection Working Group*) reprocesado a escala 1x1 pixel. De arriba a abajo, secuencia de tres imágenes cada seis horas 6 a 18 UTC del producto PGE13 SPhR con los parámetros BL(agua precipitable capa superficie-850hPa), ML(agua precipitable capa 850hPa-500hPa), TPW(agua precipitable total) y *Lifted Index*(LI).

Al iniciarse la convección, los valores de las cantidades de agua precipitable y los índices de inestabilidad proporcionados por el producto en los pixeles de aire claro que rodean al sistema convectivo pueden ayudar y ser de gran utilidad para los predictores al pronosticar la evolución de la convección. Estos parámetros no pueden decirnos por sí mismos si las tormentas llegarán a producirse, pero proporcionan una idea general de algunos de los ingredientes necesarios para la convección, así como la intensidad del forzamiento convectivo en el caso de que estos sistemas comiencen a desarrollarse. A pesar de que la precipitación se puede producir en una atmósfera debido a otros ingre-

dientes (convección por ascenso, forzamiento dinámico sin forzamiento termodinámico y ascenso isoentrópico), las regiones con valores altos de inestabilidad combinados con valores grandes en la cantidad de agua precipitable en capas altas indican que la troposfera está cerca de la saturación y es inestable. Estos productos también deben ser usados en conjunción con otras fuentes de datos (perfiles termodinámicos procedentes de modelos numéricos, radio sondeos, datos de radar, detectores de descargas eléctricas, etc.) para alertar a los predictores acerca de la ocurrencia de eventos de mesoescala potencialmente severos.

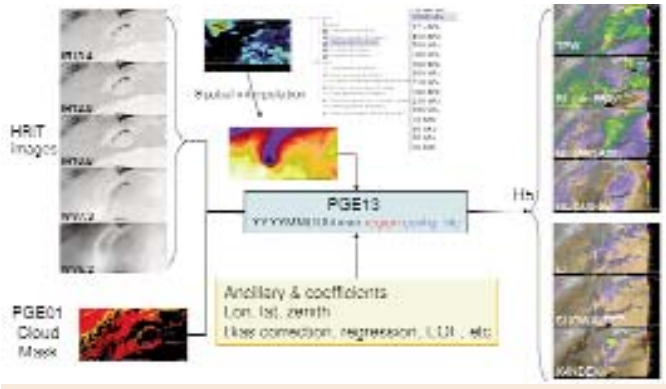
Proceso y descripción del algoritmo

En cielo despejado, la radiación medida por el satélite en cada longitud de onda es la suma de la contribución de la superficie terrestre (que depende de la emisividad y la temperatura) y de la contribución de todos los demás niveles atmosféricos (que depende de las condiciones atmosféricas). Los canales infrarrojos de onda larga tienen propiedades que les hacen sensibles a las condiciones de temperatura y vapor de agua y permiten obtener los parámetros de agua precipitable e índices de inestabilidad.

La solución del problema consiste en obtener con suficiente precisión los perfiles de temperatura y humedad en la atmósfera a partir de unas pocas observaciones de la temperatura de brillo en el infrarrojo. A pesar de que hay muchos canales IR que tienen correlación con la temperatura y humedad de una manera no lineal, hay algunas observaciones de la temperatura de brillo en el infrarrojo que son interdependientes. Pequeñas variaciones en las observaciones de la temperatura de brillo producen cambios en los perfiles obtenidos.

El *physical retrieval* de los perfiles de temperatura y humedad es un proceso de ajuste de una primera estimación de estos perfiles. Es un algoritmo de estimación óptima que usa una técnica de inversión, ya que intenta encontrar el perfil atmosférico de humedad y temperatura que mejor reproduce las observaciones. Para ello se parte de las temperaturas de brillo en el infrarrojo procedentes del SEVIRI junto con las temperaturas de brillo estimadas a partir de un modelo de transferencia radiativa (RTTOV), que utiliza como datos de entrada los campos del modelo numérico. El software está preparado para usar cualquier modelo, aunque en nuestro caso se usa el modelo del ECMWF. Los canales infrarrojos utilizados son los siguientes: WV 6.2 μm, WV 7.3 μm, que presentan una fuerte absorción para la concentración del vapor de agua, los canales IR 10.8 μm e IR 12.0 μm, canales ventana que proporcionan la temperatura y emisividad superficiales e información de humedad en niveles bajos y el canal IR 13.4 μm o canal de absorción del CO_2.

Con los valores anteriores, en primer lugar se calcula una regresión que nos dará esa primera estimación o *first guess* del perfil de temperatura y humedad que estamos buscando, usando las temperaturas de brillo de los canales citados del MSG y los perfiles de humedad y temperatura del ECMWF en 15 niveles de presión y 0.5ºx0.5º de resolución espacial. El algoritmo de *physical retrieval* (SPhR) (Jun li 1999 y 2000, CIMMS-Wisconsin; Martínez y Li, 2008) se encargará de ir corrigiendo y ajustando iterativamente esos

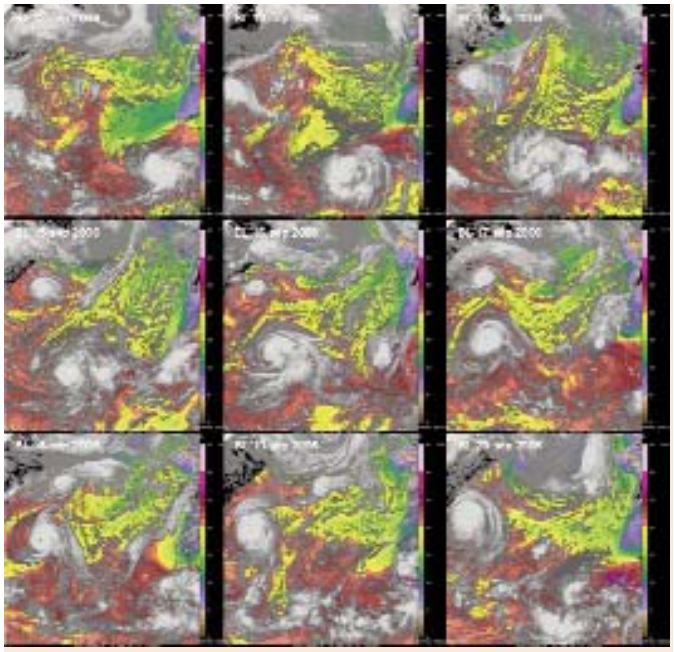


Esquema de entradas y salidas del producto PGE13 SPhR.

perfiles hasta un número máximo de iteraciones que se definan previamente, o mientras que las diferencias entre los valores de las temperaturas de brillo calculadas por el modelo de transferencia radiativa a partir del *first guess* y las procedentes del SEVIRI sean mayores que un determinado umbral.

El algoritmo, aunque básicamente es un algoritmo de estimación óptima, tiene algunas mejoras sobre la aproximación clásica como son:

• Uso de una regresión no lineal para calcular el *first guess* o primera estimación. En lugar de usar directamente como *first guess* los perfiles del modelo numérico, el *first*



Imágenes de agua precipitable en la capa superficie-850 hPa(BL) de los huracanes Gordon y Helen entre el 12 y el 20 de septiembre de 2006

guess es el resultado de una regresión no lineal entre los perfiles procedentes del modelo númerico y las temperaturas de brillo obtenidas a partir del SEVIRI una vez han sido corregidas de BIAS.

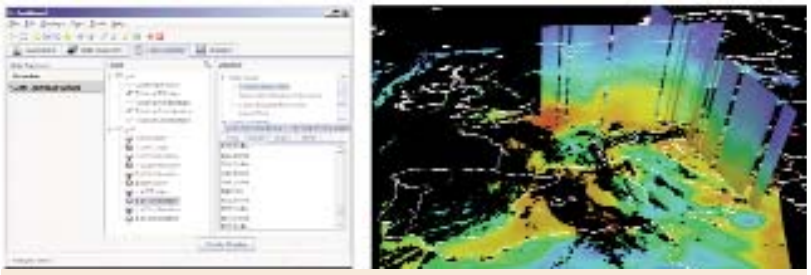
• Uso de funciones ortogonales empíricas (EOFs, *Empirical Orthogonal Functions*) para representar los perfiles de temperatura y humedad y reducir la dimensión de las matrices a invertir. En este producto se usan tres EOFs para la humedad, dos para la temperatura y una para la temperatura del suelo.

• Uso de un parámetro de regularización o suavizado introducido para asegurar la convergencia y estabilidad de la solución.

Para asegurar que las temperaturas de brillo infrarrojas no están contaminadas por nubes, polvo, hielo o nieve es necesario ejecutar previamente el producto de máscara nubosa (CMa), también incluido en el paquete del SAF de *Nowcasting*. Así se conocerán los pixeles de cielo despejado, que serán donde se podrán calcular los perfiles de temperatura y humedad con el algoritmo de *physical retrieval*.

Visualización de los resultados

Los distintos parámetros obtenidos pueden ser guardados en un archivo binario para su posterior conversión a formato netCDF y así ser visualizados con alguna de las herramientas de libre distribución (IDV, McIDAS-V) que se encuentran en la red. El formato netCDF contiene toda la información necesaria para saber la clase de datos que se encuentran en el fichero, a diferencia de otros formatos que necesitan de otro archivo adicional para su correcta interpretación. Como ejemplo, a continuación se muestran las posibilidades de visualización que ofrecen las herramientas McIDAS-V e IDV, ambas disponibles en sus respectivas web (http://www.ssec.wisc.edu/mcidas/software/v/ y http://www.unidata.ucar.edu/software/idv/).



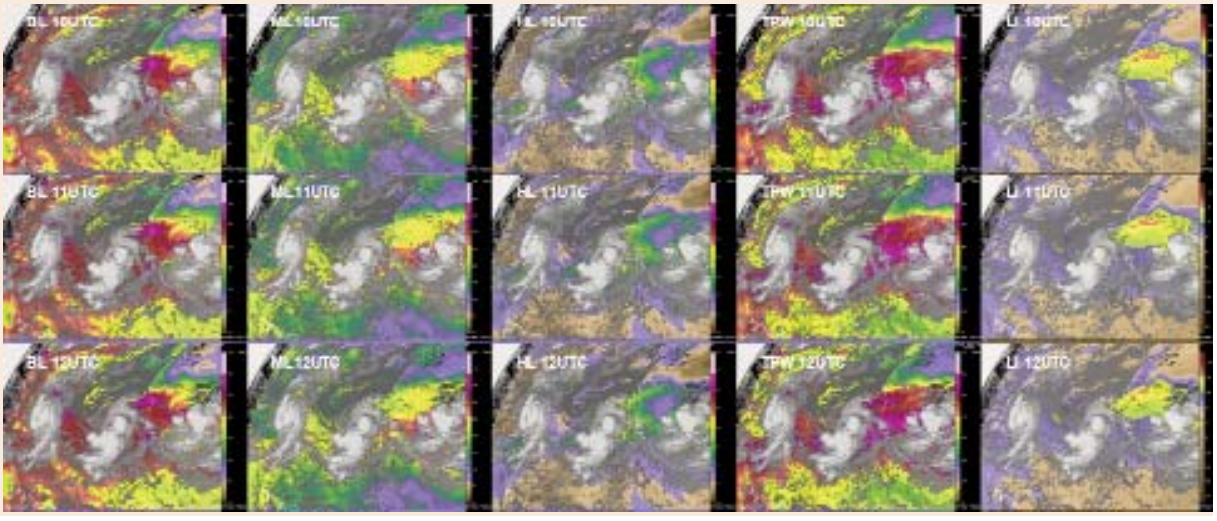
Visualización con IDV de los perfiles de humedad para el caso de estudio del 25 de Mayo de 2009

Planes futuros

A partir del año 2017 está prevista la puesta en órbita de la tercera generación de satélites Meteosat (MTG), que será la encargada de prestar los servicios de observación meteorológica a los servicios meteorológicos nacionales y a la comunidad científica. Entre los desarrollos previstos para los productos de aire claro se encuentran su adaptación al nuevo instrumento que sustituirá al SEVIRI, el *Flexible Combined Imager*(FCI), que proporcionará imágenes de alta resolución espacial (1 a 2 km) en 16 canales visibles e infrarrojos cada 10 minutos, así como la adaptación al nuevo sondeador infrarrojo (IRS). Este instrumento proporcionará espectros de alta resolución cada 60 minutos con una resolución espacial de 4 km para un total de 1738 canales con sus correspondientes longitudes de onda, que nos permitirán obtener perfiles de humedad y temperatura con una resolución vertical no conseguida hasta ahora. Así será posible obtener el movimiento de los flujos de humedad y vientos en diferentes capas.

También está prevista la extensión del producto a nuevos satélites geoestacionarios que pronto serán lanzados y puestos en órbita, como el GOES-R a cargo de la NOAA y la NASA o la nueva generación de satélites MTSAT de la JMA (*Japan Meteorological Agency*).

Imágenes de agua precipitable en las 3 capas (BL,ML y HL), de agua precipitable total (TPW) y del *Liftex Index*(LI) de los huracanes *Danielle* y *Earl* entre las 10UTC y las 12UTC del 24 de agosto de 2010

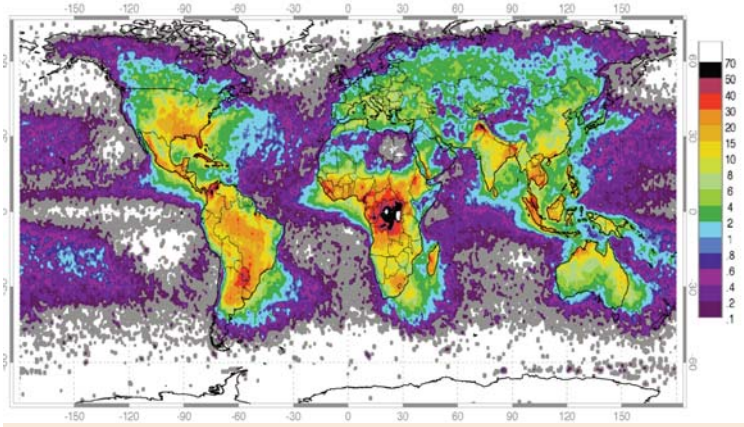


La observación de las tormentas eléctricas desde satélite

Francisco Pérez Puebla. AEMET - Madrid

Introducción

Desde abril de 1995 en que la NASA puso en órbita polar a bordo del satélite MicroLab-1 un sensor óptico (*Optical Transient Detector*, OTD) para captación de los destellos luminosos de las descargas eléctricas procedentes de las tormentas hasta la actualidad se ha producido una observación sistemática que ha puesto de relieve la importancia de la observación eléctrica atmosférica desde satélite. La tercera generación del satélite geoestacionario europeo METEOSAT, cuyo lanzamiento ha sido proyectado por EUMETSAT/ESA para el 2018, dispondrá de un sistema de observación que hereda la experiencia de estos últimos años de exploración en óptica visible desde satélite que se resumen a continuación.



Distribución anual promedio de rayos/km^2. Imagen de la combinación de datos entre el OTD y el LIS correspondiente al periodo abril 1995 – febrero 2003 (ambos inclusive). Fuente: *Global Hydrology and Climate Center* (GHCC) de la NASA. Huntsville, Alabama

Evolución de la observación eléctrica desde la superficie terrestre

A principios del siglo pasado se habían extendido ya por todo el mundo los sistemas instrumentales para observación de rayos. Se trataba de los denominados contadores ceráunicos o contadores de rayos basados en receptores de radiofrecuencia. Ya en 1904 tras la fundación del observatorio geomagnético del Ebro se dispuso en nuestro país del primer artilugio para la detección de los pulsos de radiofrecuencia que emiten las descargas eléctricas.

Desde sus inicios la radiodetección ha ido poco a poco incorporando los avances en la tecnología de electrónica y en los sistemas de comunicación. También se ha clarificado el objeto de estudio gracias a los logros en la investigación sobre la naturaleza y características de las señales electromagnéticas que emiten las descargas. Entre las últimas innovaciones asumidas por la radiodetección se encuentran las recientes técnicas de localización basadas en el popular GPS.

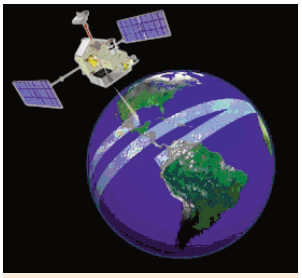
No fue hasta la década de los ochenta cuando algunos servicios meteorológicos desplegaron sistemas basados en la radiogoniometría (triangulación trigonométrica plana) sobre todo en Norteamérica, en Europa y en Japón. En los noventa los sistemas desplegados incorporaban el GPS introduciendo las modernas técnicas de localización temporal y las técnicas basadas en la radiogoniometría mejoraron sus prestaciones reduciendo los errores angulares gracias a la utilización de la interferometría. La tecnología del último cuarto del siglo XX posibilitaba un seguimiento casi global, sobre todo en las zonas habitadas ocupadas por más del 90% de la población del planeta.

La eficiencia en la detección del fenómeno en los países más avanzados se situó en el 90% de los rayos que llegan al suelo y la precisión en la localización de ese fenómeno se situaba alrededor de los 500 metros en las zonas con mejor cobertura. A pesar de esa progresiva evolución, la exploración obtenida por las redes de radiodetección terrestre no ha sido homogénea debido a las diferencias instrumentales entre los sistemas y al gran contraste de la densidad de estaciones entre continentes ricos y zonas pobres o muy despobladas.

Ahora, en la primera década del siglo XXI algunas redes proporcionan cobertura global y homogénea mediante estaciones de largo alcance. Este es el caso de la red de radiodetección GLD360 financiada por VAISALA. Declaran tener una eficiencia por encima del 70% en todo el planeta y una precisión de alrededor de la decena de kilómetros en el posicionamiento de las descargas. Otras soluciones sufragadas de modo cooperativo como la red WWLLN.net mantenida por medio centenar de instituciones universitarias de todo el mundo proporcionan un servicio gratuito a través de Internet aunque reconocen una pobre eficiencia de alrededor de 30%, bastante alejada de las exigencias de calidad de las redes operantes en cada país.

Sistemas de muestreo eléctrico desde satélites de baja órbita

La observación eléctrica realizada desde satélite con el instrumento OTD a bordo del MicroLab o con LIS (sistema de información de descargas en sus siglas inglesas) transportado por el satélite TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) son meros sistemas de muestreo del fenómeno eléctrico a escala global ya que estas plataformas describen órbitas situadas sobre la superficie terrestre a 735 y 402 Km de altura respectivamente. Los satélites exploran simultáneamente sólo la superficie terrestre que sobrevuelan y no vuelven a hacerlo hasta mucho después. De este modo, el OTD tarda 55 días y el LIS 49 en sobrevolar el mismo lugar.



El satélite TRMM de la NASA escanea los trópicos, tomando imágenes de la precipitación y las descargas eléctricas. Los productos están disponibles en http://trmm.gsfc.nasa.gov

Cada imagen de la superficie terrestre captada desde estas órbitas próximas abarca áreas desde 670 x 670 kilómetros hasta unos 1250 x 1250 km. La cobertura de la superficie terrestre tampoco es completa sino que se toman datos de una zona simétrica centrada en el ecuador y que alcanza en el mejor de los casos hasta 70º de latitud (norte y sur) pero que en el caso de la exploración TRMM no llega a los 40º.

El elemento sensible de los diferentes instrumentos de observación es una cámara CCD con una matriz de píxeles de dimensión variable (las del OTD tienen 128 x 128 pixels) La cámara registra la fase luminosa de las descargas eléctricas lo que para una imagen cuadrada típica de unos 1300 kilómetros significa que la resolución es del orden de unos 10 kilómetros aunque esta varía entre 8 y 20 km en el OTD y entre 4 y 10 para el LIS de acuerdo a su proximidad a la superficie.

Los pulsos luminosos procedentes de las tormentas deben superar un umbral de duración (de 500 a 15 microsegundos según el satélite) para poder ser detectados y su intensidad lumínica también ha de sobrepasar un valor mínimo. Además, para distinguir correctamente las descargas eléctricas atmosféricas de otras emisiones de la luz solar con las que podrían confundirse se utiliza la denominada banda del oxígeno (7774 angstrom) Las emisiones tienen patrones geométricos regulares producidos al iluminarse los elementos nubosos más próximos por el relámpago y la intensidad recibida en esa banda por los CCD tampoco puede superar un valor máximo determinado empíricamente ya que a partir del mismo las emisiones serían características de las reflexiones de la luz solar.

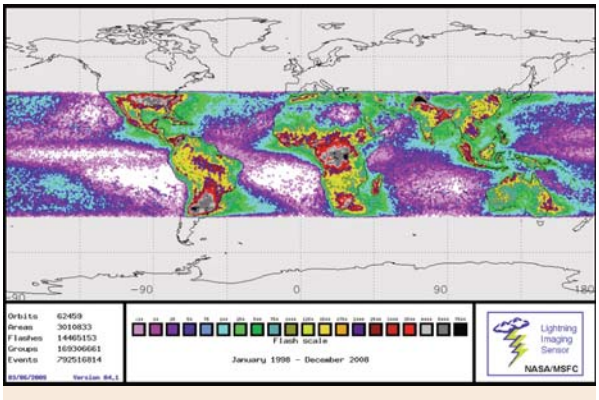
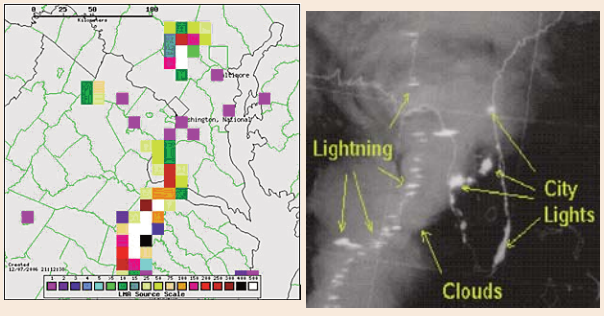


Imagen obtenida de http://outreach.eos.nasa.gov donde se muestra la cobertura máxima del sistema de observación de descargas eléctricas LIS del satélite TRRM.

Optical Transient Detector (OTD). Cortesía de la NASA.

Seguimiento continuo desde la órbita geoestacionaria

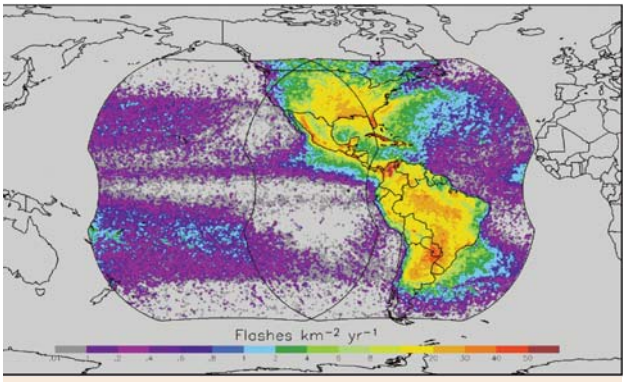
En la actualidad, la eficiencia de las redes con base en tierra operantes en los países más avanzados se acerca ahora al 100% para las descargas que alcanzan el suelo y de intensidades superiores a unos 10 kiloamperios alcanzando una precisión casi del hectómetro en su posicionamiento gracias a la existencia de redes tupidas de estaciones terrestres y al uso de técnicas de cálculo que incorporan las diferencias de conductividad de los suelos para la localización de las descargas.



A la izquierda se muestra el producto obtenido del *GOES Lightning Mapper* centrado en Sterling, según la oficina del NWS de Virginia a las 21:04 UTC del 07 diciembre de 2006 (http://www.goes-r.gov/products/images/lightning.jpg) A la derecha la imágen visible de una zona de tormentas en Florida observada desde el satélite *Defense Meteorological Satellite Program* (DMSP) http://www.electricianeducation.com/interesting/lightning.htm

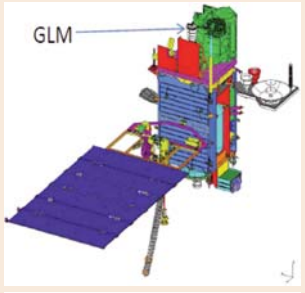
La NOAA maneja ya información de descargas eléctricas proporcionadas por los satélites GOES desde la órbita geoestacionaria a 30000 kilómetros sobre la vertical del Ecuador terrestre. Con el sistema GLM, sistema geoestacionario de mapeado de rayos del satélite del GOES se hace un seguimiento continuo de la práctica totalidad del hemisferio visible desde cualquiera de los GOES.

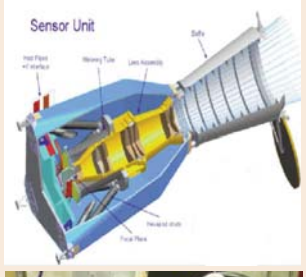
La última generación de GOES dispone ahora de cámaras CCD con una matriz de células fotosensibles de 1372 x 1300 píxeles y podrá efectuar un seguimiento de su



Simulación de la cobertura para el sistema GLM (*Geoestacionary Lightning Mapper*) conjunto del que disponen los satélites GOES E y GOES W de última generación. Cortesía del equipo científico del LIS y la NASA.

campo de visión al ritmo de 500 imágenes/segundo. La zona de cobertura continua se extiende hasta 52º de latitud con una resolución en el punto subsatélite de 8 kilómetros que alcanza un máximo de 14 en las zonas del borde de cobertura. Al igual que los GOES, la tercera generación de METEOSAT dispondrá por primera vez de instrumental a bordo para proporcionar un seguimiento de la actividad eléctrica con una resolución espacial de unos 10 km. sobre Europa y con una frecuencia de muestreo de la cámara de 1000 imágenes/segundo. Esta será la contribución de la EUMETSAT al incipiente establecimiento de un sistema satelital homogéneo para la cobertura mundial continua que sea capaz de realizar el seguimiento en tiempo real de situaciones meteorológicas extremas.





Detalles del GLM. Abajo, el conjunto óptico que será montado en el GOES (arriba) en la unidad GLM (centro)Cortesía de NOAA-NASA. http://www.goes-r.gov

Hacia el futuro de la vigilancia eléctrica mundial

El futuro sistema planetario de observación eléctrica satelital estará dotado en cada satélite geoestacionario operacional de instrumental con tecnología semejante para conservar su punto fuerte respecto a las redes terrestres: la homogeneidad en la exploración. Ahora el sistema GOES lleva el GLM en sus dos últimos satélites (tanto el GOES Este como el situado al Oeste y el de reserva que se situará en una posición intermedia) Europa pondrá en marcha el suyo con unas características similares a los de EEUU a partir de 2018. La zona explorada continuamente entre los tres abarcará una parte considerable del planeta. Sin embargo, por ahora carecerán de este servicio las zonas de exploración de los satélites geoestacionarios del Índico y de Asia aunque hay planes que indican que China instalará un artilugio semejante de exploración óptica de la actividad eléctrica atmosférica para el final de esta década o principios de la siguiente. Por supuesto, también quedarán fuera de corbertura las zonas polares donde por geometría no es adecuado el seguimiento geoestacionario sino con satélites de órbita baja aunque la frecuencia de descargas eléctricas troposféricas que alcancen lleguen al suelo en los casquetes polares sea mínima.

El principal objetivo de la puesta en marcha de estos sistemas es mejorar los métodos de aviso de las tormentas fuertes o los fenómenos anejos a ellas (granizadas, tornados, reventones descendentes,...etc.) No en vano estos nuevos sistemas conllevan unas exigencias de procesamiento de las señales elevadísimas así como una alta tasa de transferencia de información a las estaciones terrenas (del orden de Gigabytes por segundo) para poner a disposición de los usuarios finales en apenas un minuto el producto final con la localización del rayo sobre la superficie que será la base de la activación de los sistemas de alerta y protección (entre 15 y 30 segundos necesitan las actuales redes de radiodetección desplegadas en la superficie).

La información sobre rayos se considera muy útil para el escudriñamiento y evaluación de la intensidad de los sistemas convectivos y, por supuesto, también de los huracanes. Otro de los objetivos declarados como beneficios indirectos es la posibilidad de reducir las grandes incertidumbres que hoy pesan sobre el balance del equilibrio natural de los óxidos de nitrógeno en la atmósfera de los cuales las descargas eléctricas son una de las principales fuentes generadoras.

Previo al uso operacional de la información de satélite está prevista su validación frente a la observación precisa y detallada que proporcionan las redes terrestres ya que los productos de estás últimas son fácilmente verificables mediante campañas periódicas de evaluación y contraste de la calidad (aunque a día de hoy aún no sea una rutina en todas ellas) En cualquier caso, tanto a escala sinóptica como para mesoescala la información de la totalidad de los fenómenos eléctricos atmosféricos está ganando en popularidad bien sean las descargas al suelo o aquellas otras que no lo alcanzan. En definitiva, la información eléctrica proporcionada por los satélites dejará de ser algo puramente experimental para "vestirse de largo" al aportar su propio valor al mundo de productos de alerta obtenidos hoy en día por las redes de superficie. Por tanto, además de una contribución al conocimiento científico disponemos de un prometedor futuro en las técnicas de protección frente a las tormentas y sus desgraciadas consecuencias.

Barómetros con historia (1ª parte)

Desde Finisterre hasta el Golfo de Vizcaya: un recorrido por los instrumentos meteorológicos urbanos de la costa norte peninsular

José Miguel Viñas Rubio. Físico y comunicador científico.

A finales del siglo XIX, la observación meteorológica con instrumentos comenzó a extenderse por todo el mundo y a suscitar el interés general de la población. Fruto de ese interés, surgieron iniciativas –tanto públicas como privadas– para instalar fuera de los observatorios, habitualmente en parques y jardines, y también en las fachadas de algunos edificios, barómetros, termómetros, higrómetros, etc. integrados, en algunos casos, en bonitos templetes o en columnas y torres meteorológicas de bella factura.

Hoy en día, los termómetros callejeros han robado el protagonismo a los barómetros que, antaño, eran los instrumentos meteorológicos de moda, al ser los que mejor simbolizaban el conocimiento del tiempo. La capacidad de predecirlo en función de lo que marcara la aguja (en el caso de los barómetros aneroides) o de lo rápido o lento que bajase o subiese el nivel de mercurio del barómetro clásico de Torricelli, tenía –y sigue teniendo en la actualidad– un poder atrayente en muchos ciudadanos, resultando especialmente útil para la gente de la mar.

Diseminados a lo largo de la costa norte de la Península Ibérica, sobreviven varios de esos barómetros, acompañados, en algunos emplazamientos, de otros instrumentos meteorológicos y astronómicos. En el presente artículo iremos desgranando alguna de sus curiosas historias. Comenzaremos nuestro recorrido en la coruñesa Costa da Morte, un lugar donde a menudo las condiciones meteorológicas son adversas, para finalizar en aguas del Golfo de Vizcaya, concretamente en San Sebastián, en cuyo mobiliario urbano encontramos un par de barómetros.

El barómetro del *HMS The Serpent*

La noche del 10 de noviembre de 1890, un duro temporal marítimo se abatía sobre la Costa da Morte. La mar embravecida y los fuertes vientos zarandearon con violencia al buque-escuela de la Marina Real inglesa *HMS The Serpent*, que navegaba por aquellas agitadas aguas, camino de Sierra Leona. En un desafortunado golpe de mar, el barco fue empujado con violencia contra las rocas de la Punta Boi, donde encalló y fue rápidamente engullido por las enormes olas que rompían en aquel lugar. Tan sólo 3 de los 175 tripulantes del buque-escuela lograron escapar de allí con vida, al ser lanzados por el oleaje a las playas de la cercana ensenada de Trece. Deambulando de madrugada, llegaron a la parroquia de Xaviña, perteneciente al municipio coruñés de Camariñas, donde fueron atendidos por los lugareños. El pueblo de Camariñas se movilizó de inmediato y acudió en masa a la ensenada de Trece, al rescate de los posibles supervivientes. Desgraciadamente, sólo se pudieron recuperar cadáveres. Las víctimas fueron enterradas en un paraje cercano, conocido desde entonces como el "Cementerio de los Ingleses", que fue debidamente consagrado. Como muestra de gratitud, el Almirantazgo Británico obsequió con tres regalos al pueblo de Camariñas. El primero de ellos fue una escopeta con una inscripción de agradecimiento al párroco de Xaviña, el segundo, un reloj de oro al por entonces alcalde de Camariñas – D. Vicente Pérez–, y el tercer regalo fue un barómetro para el pueblo camariñano. Pocas semanas después de la tragedia, el barómetro –modelo FitzRoy– fue instalado en una hornacina empotrada en la fachada de una casa de la parte alta del puerto de Camariñas, y allí sigue en la actualidad, en recuerdo de las víctimas del *Serpent*.

Izq.: Fachada de la casa de Camariñas, donde está instalado el barómetro en memoria del naufragio del HMS *The Serpent*. Dcha.: Detalle del barómetro.

Las columnas meteorológicas de A Coruña

Pasear por las inmediaciones del puerto de A Coruña ofrece al caminante la posibilidad de contemplar un par de monumentos que tienen en la observación meteorológica su principal razón de ser. El primero de ellos es uno de los más emblemáticos de la ciudad. Se trata del Obelisco de los Cantones, erigido en memoria del ilustre político coruñés Aureliano Linares Rivas, que fue inaugurado el 10 de febrero de 1895. El proyecto fue encargado al arquitecto vallisoletano Gabriel Vitini Alonso, y ejecutado por el constructor José Escudero, que recibió por la obra la cantidad de 1.995 pesetas. Como dato curioso, debido al mal

tiempo, la mayor parte del acto de inauguración tuvo que celebrarse a cubierto, en el Salón de Sesiones del Ayuntamiento de Coruña, si bien las autoridades tuvieron que dirigirse a descubrir el monumento bajo una intensa lluvia y fuertes ráfagas de viento.

A pesar de referirse a él los coruñeses como "El Obelisco", lo cierto es que se trata de una columna conmemorativa, hueca en su interior, con una escalinata en su base de planta octogonal –en clara alusión a las 8 direcciones principales de los vientos que establece la rosa náutica–. La columna es de fuste acanalado con un capitel corintio sobre el que se apoya un reloj en forma de globo con 4 esferas, coronado por una bonita veleta con una carabela como principal motivo ornamental. Culmina la veleta un pararrayos de 3 puntas.

En los chaflanes del primer cuerpo de la columna hay un barómetro en uno y en el otro un termómetro. En otras dos caras aparecen sendas inscripciones con los valores extremos y medios climáticos de la ciudad, así como las coordenadas geográficas y la altitud del lugar. En el año 1951, siendo alcalde de la ciudad D. Alfonso Molina, la columna ganó altura, al ampliarse su fuste, colocándose también unas farolas e instalándose un pequeño jardín alrededor del bello conjunto arquitectónico.

Izq.: Plaza del Obelisco de A Coruña –conocida popularmente como la de los Cantones– en 1936, con la columna meteorológica en su centro. Dcha: El Obelisco de A Coruña en la actualidad. Se aprecia su mayor altura, debido al tramo de columna que se añadió en 1951.

No muy lejos allí, en los cercanos Jardines de Méndez Núñez, encontramos otra columna meteorológica de menor porte pero idéntico interés meteorológico. El que fuera Presidente de la Sociedad Filatélica de La Coruña, D. Luis Ríos Pardo, dedicó a ella un pequeño artículo en 1996, que, aparte de permitirnos conocer su historia, nos aporta algunas claves del hecho, ciertamente insólito, de encontrar en una misma ciudad española dos columnas meteorológicas tan completas. En palabras de Luis Ríos: "En la Coruña existe una manifiesta preocupación por la Meteorología, posiblemente debido a su inicial emplazamiento en una península, en donde el mar con su furia oceánica y los vientos, unas veces acariciando con suaves brisas, otras empujando con fuerza, ha influido notablemente en la vida de sus hombres, excelentes navegantes que los han sufrido para conocerlos."

La columna meteorológica fue propuesta el 11 de marzo de 1896 por el entonces alcalde coruñés, D. Luis de Argudín y Bolívar, y quedó instalada, meses más tarde, en la confluencia de varios senderos de los citados Jardines de Méndez Núñez. Se localiza en la actualidad entre la cafetería Atalaya, el estanque y el monumento a Emilia de Pardo Bazán. De planta pentagonal, la columna es de mármol veteado e integra termómetros de máxima y mínima, higrómetro, barómetro (el original fue adquirido en París, igual que los instrumentos instalados en el Obelisco), un reloj de sol y un globo terráqueo de zinc, que la remata en su parte superior. Su coste ascendió a 1.625 pesetas de la época.

Columna meteorológica de los Jardines de Méndez Núñez de A Coruña. Fotografía tomada el 17 de octubre de 2010 por José Manuel Barreiro. Cortesía del autor.

Barómetros asturianos

En nuestro recorrido por las costas del norte peninsular, hagamos una breve parada en el Principado de Asturias, donde localizamos un par de bonitos barómetros, en sendas villas marineras, destinados ambos a informar a la ciudadanía –en particular a los pescadores– de los cambios de tiempo. El primero de ellos, perteneciente al Gremio de Mareantes, lo encontramos en Castropol y, aunque en la actualidad se halla en el interior del edificio del Ayuntamiento, durante muchos años estuvo instalado a la intemperie, en la fachada de la antigua escuela de la localidad. Tal y como reza una de sus inscripciones, el aparato fue realizado por la prestigiosa firma inglesa de aparatos de óptica y de precisión *Chadburn&Son*, afincada en Liverpool.

El segundo barómetro que merece la pena visitar, lo encontramos en el número 4 del Paseo del Puerto de Luarca, junto a la puerta del conocido restaurante "El Barómetro", llamado así en su honor. El citado instrumento es de tipo aneroide, si bien el que encontramos ahora no es el original, que se instaló allí hacia el año 1869. Acompañando al barómetro tenemos también un termómetro de mercurio, y ambos están integrados en un vistoso

Monumento a Riego en la plaza de nombre homónimo de la ciudad de Oviedo. El pedestal blanco sobre el que se apoya el busto fue proyectado originalmente como columna meteorológica.

cajetín de madera tallada con diferentes motivos ornamentales.

Antes de abandonar Asturias y terminar nuestro recorrido transcantábrico en San Sebastián, permítame que le cuente una breve historia de un vestigio de columna meteorológica que encontramos en el centro de Oviedo. En la plaza de Riego, sobre un pedestal blanco hay un busto del general Rafael del Riego, hijo ilustre de Tineo que da nombre a la plaza, que quedó allí instalado en 1993. No obstante, la historia de ese pedestal se remonta más de cien años atrás en el tiempo.

Izq.: Vista general del Paseo de La Concha de San Sebastián con "los relojes" en primer término. Dcha.: Detalle del barómetro situado en uno de los obeliscos.

El 9 de abril de 1892, el Ayuntamiento de Oviedo aprobó la instalación de una columna meteorológica en la citada plaza, pero nunca llegó a utilizarse para el uso que fue proyectada, reconvirtiéndose, seis años más tarde, en un sencillo pedestal sobre el que se colocó un busto de bronce del ingeniero y geólogo alemán Luis Guillermo Schulz. Durante un siglo, permaneció ese busto en aquel lugar –en 1987, a raíz de una reforma acometida en la plaza, la columna fue desplazada ligeramente de su posición original–, hasta que fue sustituido por el de Riego. El busto de Schulz fue trasladado a la entrada de la Escuela Superior de Minas de la capital oventense, donde sigue en la actualidad.

Observatorios donostiarras a pie de calle

Creo que se estará de acuerdo conmigo en que uno de los lugares más bellos de nuestro país es el Paseo de La Concha de San Sebastián. A ello contribuyen, tanto el espectacular entorno natural, como los diferentes elementos arquitectónicos que nos encontramos a pie de playa. Hacia 1910, el entonces arquitecto-jefe del Ayuntamiento de San Sebastián, D. Juan Rafael Alday Lasarte, acometió la remodelación del Paseo de La Concha, dándole el aspecto con el que le conocemos hoy en día, lo que ha convertido a la ciudad donostiarra en un referente turístico de primer orden, tanto a nivel nacional como internacional.

Plaza de Guipúzcoa de San Sebastián, con el Palacio de la Diputación Foral de Guipúzcoa al fondo y el templete meteorológico en primer plano.

Alday se encargó personalmente del diseño de los principales ornamentos del nuevo Paseo, tales como la barandilla, las vistosas farolas que flanquean una de las rampas de acceso a la arena, así como los dos obeliscos, conocidos como "los relojes", ubicados donde anteriormente estaban las casetas de baños. Inicialmente, ese par de elementos no estaban coronados por instrumento alguno, pero algo más tarde se instaló un reloj en uno de ellos y un barómetro en el otro, coronados ambos por sendas pequeñas veletas, lo que permite al paseante estar informado tanto del tiempo cronológico como del atmosférico.

Pero la joya de la corona donostiarra, en lo que a instrumentación meteorológica urbana se refiere, la encontramos en el bonito templete situado la Plaza de Guipúzcoa, uno de los rincones con mayor encanto de San Sebastián. Un espectacular jardín de estilo inglés, cuyo diseño corrió a cargo, en 1877, del prestigioso jardinero francés Pierre Ducasse, domina todo ese espacio público. Encontramos en el jardín un monumento al compositor José María Usandizaga, un gran reloj floral construido en torno a una mesa de mármol blanco, un estanque con cascada y puentecillo de madera y hierro, en el que puede disfrutarse de una variada muestra de fauna y flora acuática (patos, cisnes, peces de colores, nenúfares...), así como un templete meteorológico, dedicado también en parte a la Astronomía.

En la bóveda del templete están dibujadas algunas de las constelaciones del firmamento. Coronando el monumento, hay una pequeña veleta con la figura de un dragón. La columna meteorológica es bastante completa, ya que, aparte de los instrumentos que lleva adosados a ella: barómetro de mercurio, termómetro –también de mercurio– e higrómetro, incluye numerosas inscripciones con datos e informaciones muy diversas. En una de ellas pueden leerse varias indicaciones barométricas, como la que reza así:

"La subida –del barómetro– indica vientos desde el Noroeste al Este pasando por el Norte". También aparecen los valores medios de temperatura por trimestres y su oscilación, así como comentarios referidos al viento o las nevadas locales ("las pocas nevadas que caen son por lo general con viento de tierra; es decir, del E al SSO"), entre otras útiles informaciones climáticas, astronómicas y geográficas.

Agradecimientos

A José Manuel Barreiro, por la completa documentación que me brindó sobre las torres meteorológicas de A Coruña, así como a José Miguel Aranjuelo, por la información histórica de "los relojes" del Paseo de La Concha" de San Sebastián.

Detalle del barómetro y alguna de las inscripciones de la columna meteorológica de la Plaza de Guipúzcoa de San Sebastián. Cortesía de Ramón Baylina Cabré.

Congresos

XVI Jornadas de Meteorología "Eduard Fontseré"

La Associació Catalana de Meteorología (ACAM) se creó en el otoño de 1995 coincidiendo con el 125 y el 25 aniversarios del nacimiento y de la muerte, respectivamente, del Dr. Eduard Fontseré i Riba, considerado el padre de la Meteorología Catalana. En el noviembre de ese mismo año se celebraron las I Jornades de Meteorologia Eduard Fontseré con el principal objetivo de fomentar la divulgación y un mejor conocimiento científico de la meteorología y de la climatología, tanto en Catalunya como en la Mediterráneo Occidental. Desde entonces, y sin interrupción, los años pares se celebran unas jornadas monográficas y en los impares unas genéricas.

El pasado 27 de noviembre de 2010 se celebraron en el Cosmocaixa las XVI Jornadas de Meteorologia Eduard Fontseré de carácter monográfico, tituladas "El volcà islandès Eyjafjallajökull". Como indica su título las jornadas versaron sobre el volcán islandés Eyjafjallajökull y su erupción acaecida entre los días 14 de abril y 23 de mayo de 2010 que limitaron el espacio aéreo europeo, con graves repercusiones socio-económicas.

Las charlas atendieron a todas sus diferentes facetas: la puramente vulcanológica, las implicaciones meteorológicas y climatológicas de las erupciones volcánicas, las observaciones y las predicciones meteorológicas y de dispersión de las cenizas y el polvo, y en el caso particular de sus implicaciones en el espacio aeronáutico Europeo y de su gestión, etcétera.

El primer ponente, el Dr. Jeroni Lorente, de la Universidad de Barcelona, introdujo a los asistentes al concepto y a las características del aerosol atmosférico, haciendo hincapié en su papel de núcleos de condensación en la microfísica de nubes y de sus implicaciones radiativas en el clima. Seguidamente el Dr. Marc J. Prohom Duran, del Servei de Meteorològic de Catalunya, realizó una didáctica presentación sobre la eventual respuesta del sistema climático al fenómeno geológico del vulcanismo, y lo particularizó al caso de la península Ibérica. Y para finalizar la sesión de la mañana, el Dr. José Luis Fernández Turiel, del Institut de Ciències de la Terra Jaume Almera del CSIC, profundizó en la vulcanología, y describió con precisión el caso particular del volcán Eyjafjallajökull y el seguimiento monitorizado que realizó in situ su grupo.

La sesión de la tarde empezó con el pase de un vídeo con espectaculares imágenes de los distintos tipos de erupciones volcánicas y sus consecuencias, comentadas por el Dr. José Luis Fernández Turiel. La cuarta ponente, Beatriz Navacués Fernández-Victorio, narró la gestión institucional de la crisis del VACC (Volcanic Ash Advisory Center) de Londres a nivel europeo y de AEMET (Agencia Estatal de Meteorología) a nivel español, y puso de relieve la disponibilidad de AEMET de modelos para simular la dispersión accidental o natural de especies radioactivas y/o contaminantes para dar soporte a las autoridades civiles y militares españolas.

La quinta ponencia, a cargo del Dr. Haraldur Ólafsson, de las Universidades de Islandia y de Bergen y de la Oficina Meteorológica Islandesa, explicó cómo se ges-

tionó la crisis en Islandia, y destacó la importancia de la alta resolución en los modelos numéricos de predicción del tiempo y del polvo para asimilar de la manera más precisa posible la fuente real de polvo y poder simular adecuadamente la evolución posterior de la nube de cenizas y polvo. En este contexto, se hicieron campañas de observación y seguimiento de las emisiones y del penacho resultante del volcán Eyjafjallajökull con medidas in-situ (ej. con lidar) en los vuelos del avión DLR Falcon para intentar asegurar y verificar una correcta asimilación de la fuente en los modelos de predicción. La última ponencia, de Bruno Neiningier, de METAIR, versó sobre las medidas in-situ de polvo con la avioneta DIMO en Suiza auspiciados por la FOCA (Swiss Federal Office for Civil Aviation) con el objetivo de validar las predicciones del polvo sobre este país, concluyendo que las predicciones tuvieron una calidad más que suficiente a nivel cualitativo, pero subrayando sus limitaciones a nivel cuantitativo.

Antes de concluir las Jornadas con los discursos protocolarios habituales, la ACAM presentó la tercera convocatoria de los Premios Eduard Fontseré, en sus tres modalidades, la local, la internacional y la estatal, dotados económicamente por el Àrea de Medi Ambient de la Diputació de Barcelona, el Servei de Meteorología de Catalunya y la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) respectivamente. Dichos premios persiguen el objetivo general de la ACAM y de las Jornadas de promover la investigación y la divulgación de la meteorología y la climatología del Mediterráneo Occidental (Para más información, consultar la página web http://www.acam.cat/premis).

Alfons Callado

VII Congreso de la AEC

DURANTE los días entre el 24 y el 26 de noviembre ha tenido lugar el VII congreso de la Asociación Española de Climatología (AEC) en la Universidad Autónoma de Madrid, organizado por la AEC y por el Grupo de Investigación Consolidado GEOCLIMA del departamento de Geografía de la Universidad Autónoma de Madrid. El lema del congreso ha sido "Clima, Ciudad y Ecosistemas", apuntando a dos de los sistemas que son particularmente sensibles al clima y al cambio climático.

Como señaló el presidente de la AEC, José María Cuadrat, en la mayor parte de los procesos de urbanización regidos por el planeamiento se propone la conveniencia de que se consideren no sólo variables económicas, sociales o artísticas, sino también, cada vez más, las cuestiones relativas al medio ambiente y en particular el clima, como horizonte para lograr la sostenibilidad en los modelos de desarrollo urbano.

En su conferencia Felipe Fernández, miembro del GEOCLIMA, con una amplia trayectoria investigadora en el campo del clima urbano, señaló que la climatología urbana actual tiene como objetivos prioritarios la prevención de situaciones de riesgo asociadas al estrés térmico y la caracterización de las estructuras y los materiales urbanos que mejor respondan a la amortiguación de la isla de calor, un tema sobre el que se vienen publicando estudios en diversas ciudades españolas desde hace un cuarto de siglo aproximadamente. En el momento actual las líneas de trabajo principales son dos:

a) La cuantificación de las sensaciones térmicas y el establecimiento de escalas para determinar las respuestas de la persona ante unas condiciones climáticas específicas.

b) El desarrollo de modelos estadísticos para el análisis del clima urbano, incorporando la teledetección y la tecnología SIG.

El congreso se estructuró en tres ponencias diferentes: 1-) La modelización del sistema climático a escala regional; 2-) Impactos del cambio climático en el medio natural y en las actividades humanas; y 3-) Cambio climático y espacios urbanos.

La primera ponencia atrajo 29 trabajos escritos, sobre temas tales como validación de modelos regionales, homogeneidad, técnicas de *downscaling*, tendencias climáticas, eventos climáticos extremos, patrones de teleconexión y variabilidad climática.

La segunda ponencia incluyó 16 trabajos escritos con variedad de enfoques: impactos de fenómenos extremos como aridez, sequías, olas de calor y frío; precipitaciones anómalas; cuestiones relativas a la planificación de recursos hídricos; impactos en sectores como la energía eléctrica o la agricultura, etc.

Por último en la tercera ponencia, los 10 trabajos escritos versaron sobre varias ciudades españolas e iberoamericanas, analizando cuestiones como la isla de calor urbana, el régimen bioclimático, el confort térmico o el balance energético urbano.

José Antonio López Díaz

Sesión inaugural del VII Congreso de la AEC

Próximas Citas

Febrero 2011

6-10, Venecia, ITALIA – Escuela de Invierno de la Acción COST ES0604 (WaVaCS): Vapor de agua en el Clima - Web: http://www.isac.cnr.it/wavacs/school-2011

Marzo 2011

21–25, Santa Fé, EE.UU. – Conferencia de la Unión Geofísica Americana (AGU) sobre "*Climates, past landscapes and civilization*" - http://www.agu.org/meetings/chapman/2010/ecall/

28–30, Setúbal, PORTUGAL 7º Simposio de Meteorologia y Geofísica de la Asociación Portuguesa (APMG) *"Previsão e Modelação em Ciências Geofísicas"* - 12 Encuentro Luso-Español de Meteorología - XIV Congreso Latinoamericano e Ibérico de Meteorología. http://www.apmg.pt/

Abril 2011

3–8, Viena, AUSTRIA - Asamblea General de la Unión Europea de Geociencias (EGU 2010) Web: http://meetings.copernicus.org/egu2011/

18–21, Exeter, Reino Unido – Simposio internacional sobre radar meteorológico e hidrología – Web: http://www.wrah2011.org/

Junio 2011

7–10, Marina di Pisticci – Matera, ITALIA - III Jornadas sobre Meteorología y Climatología del Mediterráneo – Web: www.imcm2011.org

22–24, Oklahoma city, EE.UU. - *39th Conference on Broadcast Meteorology and Conference on Weather Warnings and Communication* American Meteorological Society – Web:

Septiembre 2011

(Posible) - 13ª Conferencia PLINIUS sobre tormentas mediterráneas.

5–9, Oslo, NORUEGA – Conferencia de Satélites Meteorológicos de EUMETSAT – Web: http://www.eumetsat.int/Home/Main/News/Conferences_and_Events/801292?l=en

12-16, Berlín, ALEMANIA - 11ª reunión de la Sociedad Meteorológica Europea (EMS) y 10ª Conferencia sobre Aplicaciones de la Meteorología (ECAM) – Web: http://meetings.copernicus.org/ems2011/

Octubre 2011

3-7, Palma de Mallorca, ESPAÑA – 6ª Conferencia Europea sobre Tormentas Severas (organizada por el *European Severe Storms Laboratory* y la Universidad de las Islas Baleares con colaboración de AEMET) – Web: http://www.essl.org/index.php?option=com_content&view=article&id=59&Itemid=59

Libros

Trente-trois questions sur l´histoire du climat. Du Moyen Âge à nos jours

Emmanuel Le Roy Ladurie. Entretiens avec Anouchka Vasak . Ed. Fayard, noviembre 2010. 185 páginas. 9,98 €

EN Treinta y tres preguntas acerca de la historia del clima se recoge una serie de entrevistas entre Emmanuel Le Roy Ladurie y Anouchka Vasak. La presente edición es una edición corregida y aumentada de la primera que apareció con el título de *Abrégé d´histoire du climat* (Breve historia del clima).

El autor es E. Le Roy Ladurie, profesor retirado del prestigioso Colegio de Francia, antiguo director de la Biblioteca Nacional de Francia y uno de los representantes más eminentes de la Escuela de los Anales. Ha publicado una veintena de obras históricas, varias de las cuales están dedicadas a la historia del clima (*Histoire du climat, depuis*

l´an mil; Histoire humaine et comparée du climat). Anouchka Vasak, profesora de literatura francesa en la universidad de Poitiers, es autora de una tesis doctoral presentada en la universidad Paris VII en diciembre de 2000 bajo el título de *Météorologies: discours sur le ciel et le climat, des Lumières au romantisme*, que fue publicada en ediciones Champion en 2007. Por otra parte, esta historiadora ha participado en la obra colectiva dirigida por J. Berchtold, E. Le Roy Ladurie y J.P. Sermain, *L´Événement climatique et ses représentations (XVIIe-XIXe siècle)*, aparecido en ediciones Desjonquères en 2007 y que retoma los trabajos y las comunicaciones pronunciadas con ocasión de un coloquio celebrado en la Soborna y en la Fundación Singer-Polignac en enero de 2006. Precisamente, este libro que reseñamos surgió como consecuencia de la reflexión en común de ambos autores.

El diseño de la cubierta se debe a Rémi Papin. La ilustración, de gran belleza y plasticidad, cuya pertinencia comprenderemos al leer el libro, pertenece a la colección Dagli Orti (Galería Nacional de Budapest).

Como se lee en la contraportada, ahora que atravesamos un momento en el que la controversia sobre el calentamiento climático causa furor, este ensayo que condensa y resume años de estudios, permite trazar la historia del clima en el largo periodo de la historia humana. El interés del libro radica en que es el historiador, atento a las consecuencias de sus variaciones en las sociedades humanas, quien aborda la historia del clima.

El libro se estructura en treinta y tres capítulos breves (~2-4 páginas) que pretenden ser las respuestas a preguntas formuladas, en líneas generales, de manera muy concreta y precisa. La lectura no tiene porque seguir el orden secuencial, aunque sería conveniente abordar en primer lugar los dos primeros capítulos. En esencia, se presenta la historia del clima en Europa desde la Edad Media hasta nuestros días. Se trata con gran minuciosidad la Pequeña Edad de Hielo, periodo que abarcó desde 1303 hasta 1860, los denominados 'hyper-PAG', según las siglas en francés, el Pequeño Óptimo Medieval (POM), el Mínimo de Maunder, el contexto meteorológico de la Revolución francesa, de las revoluciones de 1830 y 1848; así como el impacto de las variaciones climáticas (¿Cuál es la relación entre los periodos de escasez y las hambrunas con las condiciones meteorológicas?, Erupción del volcán Laki (Islandia) en 1783; 1816, el año sin verano …) o también problemas metodológicos de la historia del clima (La fecha de las vendimias, ¿es un indicador climático?) etc. Antes de finalizar con unas breves indicaciones bibliográficas, hay un anexo relativo a las series termométricas, anual y mensual, de la región de París desde 1676 a 2008.

El primero de los capítulos se titula '¿Cómo nació la historia del clima?' Me voy a detener aunque sea de un modo breve en él, porque resulta revelador para entender la génesis del libro. En el momento en que vivimos, se conecta la historia del clima a las preocupaciones suscitadas por el efecto invernadero y el calentamiento global. Pero como apunta el autor, la historia del clima remite a un periodo de tiempo que iría desde los siglos X y XI hasta nuestros días. Ya estuvo tentado de describir ese pasado en el libro La Historia del clima después del Primer Milenio y más recientemente en su Historia humana y comparada del clima. Para abordar una empresa de tal calibre, hubiera tenido que tratar el clima planetario en su conjunto, pero estaba más interesado en el ambiente templado de Europa occidental: el norte de Francia, la parte sur y central de Inglaterra, el Benelux, Alemania, Escandinavia, Finlandia, excluida Rusia; mal conocida desde el punto de vista documental por razones lingüísticas.

Hacia 1955, comienza a desarrollar esta clase de investigaciones a pesar de la ironía de muchos de sus amigos y colegas que tachaban al clima de 'ciencia falsa'. En aquella época, el autor confiesa que estaba influido por el marxismo y los historiadores marxistas, en general, con las excepciones de G. Bois, G. Lemarchand, y algunos más; no estaban interesados en el pasado del clima. No contemplaban más que las relaciones sociales y la producción material a pesar de que el clima constituye una de las bases efectivas de estas 'fuerzas de producción'.

Continúa el autor con su declaración de intenciones. Le interesaba igualmente el periodo de la Pequeña Edad de Hielo comprendido entre finales del siglo XVI y comienzos del siglo XVII y la crisis generalizada del XVII, caracterizada por una larga depresión económica. ¿Había habido una relación causal entre la Pequeña Edad de Hielo, caracterizada por un enfriamiento moderado con aumento de las nieves, que se dejaron sentir en los glaciares de los Alpes y la grave y larga depresión económica, que afectó especialmente a Francia, en el siglo XVII? Confiesa el autor no haber encontrado una respuesta completamente satisfactoria a esta cuestión.

El capítulo 2 '¿Cuáles son los métodos de la historia del clima?' incide en los métodos: a) el estudio del crecimiento de los anillos de los árboles; b) el estudio de las fechas de las vendimias, método inaugurado por Alfred Angot y sus predecesores en el siglo XIX y retomado por Marcel Garnier, excelente meteorólogo francés. Las fechas de las vendimias gozan en el momento actual de un reconocimiento internacional; siendo estudiadas en el sur de Alemania, Austria, Suiza, Italia …; c) estudio de las rogativas, mención especial al trabajo de M. Barriendos en España. Por lo que nos afecta, estas rogativas, ceremonias religiosas clasificadas en cinco categorías en función de la gravedad de la situación, llevadas a cabo tanto en periodos de sequía como de pluviosidad excesiva, son consideradas actualmente por los historiadores de la Península Ibérica como un instrumento de medida casi tan preciso como las

fechas de las vendimias, con la ventaja añadida de que se dispone de un registro en épocas anteriores a la disposición de series de temperaturas; d) el estudio de los glaciares continua siendo una fuente de información primordial para el historiador del clima y e) el estudio de los pólenes, particularmente importante para la prehistoria. Así, se ha visto que entre 5000 y 3000 a. C hubo una época de un óptimo climático, habiéndose detectado la presencia de plantas termofilas como la encina verde (ilex) en las regiones más septentrionales.

El capítulo 33, último capítulo, es uno de los que cuentan con el título más largo, 'Para concluir, en su condición de historiador del clima, defiendes las posiciones del IPCC, pesimistas e hiper-calorícas o bien, perteneces al grupo de los escépticos del cambio climático?'

El autor es claro, comparte las posiciones del IPCC, aunque se defina sencillamente como un historiador deseoso de ayudar, en virtud de su especialidad, a los climatólogos profesionales, a los que considera científicos auténticos.

El año 2009 se sitúa en el marco de un calentamiento que continua. Más precisamente, por lo que respecta a Europa y más particularmente a Francia la fase de calentamiento iniciada en 1987, no ha terminado. Pascal Yiou (Laboratorio de ciencias del clima y del ambiente, Gif-sur-Ivette), en un coloquio celebrado recientemente en la Fundación Singer-Polignac, ha precisado que son las capas bajas de la atmósfera terrestre las que se están calentando actualmente. Si el origen de este fenómeno fuera solar, las capas atmosféricas más altas se verían también afectadas por el calor. Y no es el caso.

El calentamiento actual tampoco puede explicarse por una tendencia puramente natural, como la que conoció Europa en el POM del siglo X al XIII de nuestra era. En efecto, aunque el POM fue europeo, en las regiones del Pacífico Sur en la misma época la tendencia climática era inversa y se orientaba hacia un enfriamiento neto, paradójicamente síncrono del POM: esto es lo que mostró Michael Mann en el coloquio de la Ciudad de las Ciencias (noviembre de 2009). Sin embargo, el calentamiento global actual no es solamente macro-regional como lo fue el POM sino mundial.

Como colofón, tras el capítulo 33, 'El cielo y la tierra, los dioses y los hombres'. Se hace alusión al Gorgias, diálogo de Platón, donde se menciona el equilibrio armonioso que debe establecerse a nuestro alrededor: ' El cielo, la tierra, los dioses y los hombres forman en su conjunto una comunidad; los unos y los otros están ligados por amistad, amor, respeto de la templanza y sentido de la justicia'; equilibrio roto en nuestros días'.

En estas condiciones, el autor se interroga acerca de si la tarea de los historiadores profesionales, inquietos por el futuro, no consistiría en prestar su apoyo a los Científicos -en el original francés aparece con mayúscula inicial- que demandan historia, principalmente cuantitativa. Y ya que en las páginas precedentes, se trató suficientemente el tema de los glaciares, concluye diciendo que a partir de ahora la cliosfera - guiño claro a Clio, musa de la Historia- debería preocuparse más de la criosfera.

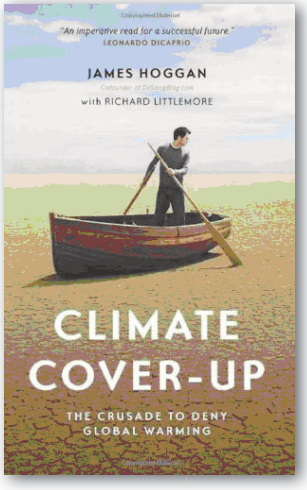
En resumen, es un libro muy atractivo, ameno, riguroso, actual, con numerosas notas a pie de página, dirigido a un público curioso. La lectura se ve facilitada por un estilo impecable al que contribuye, en gran medida, la belleza de la sintaxis de la lengua francesa. Contribuye a completar nuestra percepción o conocimiento de episodios históricos o literarios con aspectos ligados al clima.

María Asunción Pastor Saavedra

Climate Cover-up: The Crusade to Deny Global Warming.

James Hoggan y Richard Littlemore. Greystone Books, Vancouver, Canadá, 2009. ISBN-13: 978-1553654858, 240 páginas. Precio: 15 USA $.

EL libro que comentamos tiene su origen en un blog (www.desmogblog.com) fundado en 2006 con el fin de proporcionar una fuente de información rigurosa frente a las campañas de desinformación relacionadas con el cambio climático. En su prefacio los autores del libro hacen una determinante declaración sobre el contenido del libro, sus objetivos y su posición frente a lo que ellos mismos califican como campañas orquestadas de desinformación sobre el cambio climático. En sus propias palabras, "ésta es una historia de traición, de egoísmo, de codicia y de irresponsabilidad a escala épica". En diferentes partes del libro se compara la campaña lanzada desde diferentes sectores interesados en ocultar la verdadera dimensión del cambio climático antropogénico en el que estamos inmersos con la que en su momento hubo para negar o minimizar los efectos del tabaco en la salud por parte de los sectores económicos afectados por un menor consumo del tabaco.



Mientras que en términos generales los científicos, con las lógicas matizaciones, hablan con una única voz, y en esta voz única se incluyen los informes de las diferentes academias nacionales de ciencia, de instituciones nacionales e internacionales cuya actividad está relacionada con el cambio climático y de los informes de Grupo de Expertos de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (IPCC, de sus siglas en inglés). Todos ellos, con pequeñísi-

mas diferencias, se posicionan claramente enunciando que estamos asistiendo a un calentamiento global causado principalmente por las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la quema de combustibles fósiles y en menor medida por los cambios de uso de suelo, y singularmente por deforestación. En cambio, desde ciertos medios se presenta el problema todavía como fuente de debate entre la comunidad científica. En el libro se analiza sistemáticamente de donde provienen estas voces –los denominados escépticos o negacionistas- que ponen en cuestión resultados que cuentan con un alto grado de consenso entre la comunidad científica. Con demasiada frecuencia nos encontramos, según los autores del libro, entre estas voces críticas a personajes que o bien no están trabajando o apenas han trabajado en este campo o que tienen intereses muy íntimamente ligados con sectores industriales claramente perjudicados si se tomasen medidas contra el cambio climático.

Si como parece razonable, existe acuerdo en que los temas relacionados con la detección del cambio climático, con la atribución de sus causas, con los efectos en diferentes ecosistemas y sistemas socio-económicos, con las estimaciones de evolución futura son eminentemente científicos, ¿por qué se cuestionan desde otros ámbitos? Esta es la pregunta que flota a largo de toda la obra. Para responderla, los autores, entre otros enfoques, pasan revista a algunos de los más señalados escépticos del cambio climático analizando y discutiendo sus credenciales y experiencia en el tema. Concluyen que en la mayoría de los casos, se trata de francotiradores con poca o nula experiencia en las ciencias del clima y en algunos casos incluso con escasa formación científica. Analizan también los autores los intereses de grandes corporaciones en sembrar dudas sobre la realidad del problema. Este fue el caso de *Global Climate Coalition* que durante más de una década, finalizando en 2002, gastó millones de dólares en campañas dirigidas a responsables públicos y al público en general defendiendo la falta de pruebas convincentes sobre la realidad del cambio climático y la consiguiente ausencia de necesidad de medidas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Las certidumbres absolutas son raras en ciencia, y sin embargo la ciencia progresa gracias a que los científicos adoptan un cierto escepticismo que les conduce a poner en duda sistemática las certezas en las que se apoya la ciencia establecida. Ningún científico, que por tal se tenga, denunciará una teoría ampliamente aceptada entre la comunidad científica sin proponer una argumentación verificable que apoye su tesis. La ciencia avanza mediante una estricta disciplina en la que se plantean teorías que se contrastan experimentalmente, siendo sometido todo el proceso a un cuidadoso escrutinio entre pares expertos en el campo del que se trate. Los resultados de este proceso aparecen en las publicaciones como paso necesario para su difusión y contraste posterior frente a nuevos hechos experimentales que corroboren las teorías existentes o bien propongan marcos teóricos más avanzados. Este proceso de duda sistemática, sin embargo no tiene nada que ver con el escepticismo que se denuncia en este libro. Este escepticismo es más bien una posición ideológica que intenta rebatir las certidumbres que existen en torno al cambio climático sin aportar nuevos datos o teorías que lo apoyen.

No deja de ser llamativo el amplio consenso que existe entre la comunidad científica sobre las observaciones, causas y efectos del cambio climático y que no se corresponde con la falta de consenso que existe en la sociedad sobre el tema. Cuando se plantea esta diferencia, es lógico cuestionar el proceso mediante el cual se forma la opinión pública. Parece natural que el público general para formarse una idea de un determinado problema acuda a los expertos. Escuchando opiniones de diferentes expertos –que pueden ser no coincidentes- una persona lega en un campo puede finalmente formarse una opinión incluso sobre los temas más abstractos y difíciles. Lo que no parece lógico es que la opinión pública se desvíe excesivamente del rango de opiniones que sostienen los expertos en un cierto campo, salvo que existan procesos perturbadores de dicha opinión pública. Por poner un ejemplo algo provocador, podemos considerar que ante una grave enfermedad consultemos con un médico experto en este campo y que deseemos contrastar con las opiniones de otro u otros expertos, pero en ningún caso pondremos al mismo nivel la opinión de un médico experto con la del vendedor al que acudo todas las mañanas para comprar mi periódico. En el caso del clima, se suele contraponer la opinión de un experto con la opinión de los denominados escépticos o negacionistas que con frecuencia son *outsiders* en el campo de las ciencias del clima. Esto tiene mucho que ver con la forma en la que muchos medios plantean los temas ofreciendo lo que normalmente se llama las dos caras de la noticia. Mientras que este enfoque es muy legítimo en materias relacionadas con la política o la moral, es más que discutible su aplicación en temas con base científica donde las opiniones de los expertos deben ser necesariamente ponderadas frente a las de los legos.

A medida que las evidencias sobre el cambio climático han sido más numerosas y difíciles de cuestionar, desde muchos sectores negacionistas se ha evolucionado hacia una estrategia sistemática que apunta a retrasar la toma de medidas y sobre todo a concentrar las medidas en la adaptación al cambio climático. Mientras que la lucha contra el cambio climático debe proceder en los dos frentes, el de las causas y el de los efectos, reduciendo las emisiones para atajar las causas y adaptándose a los efectos inevitables del cambio climático consecuencia de los gases de efecto invernadero acumulados en la atmósfera durante decenios, desde estos sectores negacionistas se aboga por concentrar toda la acción exclusivamente en la adaptación argumentando que de esta forma no se afecta negativamente a la

economía. En esta campaña a favor de las estrategias de adaptación, en detrimento de las de mitigación, hay detrás muchos *think tanks*. Aunque los *think tanks* fueron originalmente creados para proponer y desarrollar ideas y enfoques sobre cuestiones eminentemente de índole política, sin embargo con el tiempo han ido derivando hasta defender casi exclusivamente los intereses de sus fundadores y financiadores. Este fue el caso de organizaciones como el *Heartland Institute* que utilizó las financiación de Philip Morris no para convencer al público que fumar era algo bueno sino para defender entre los legisladores nacionales lo negativo de las regulaciones contra los fumadores. En el caso del cambio climático, muchos *think tank* aparte de proponer argumentos en favor de las estrategias de adaptación, también se han volcado en campañas para promover el peso de las incertidumbres, más allá de lo que razonablemente está establecido por la ciencia, en las discusiones sobre el cambio climático.

Este libro describe con gran cantidad de datos muchas de las iniciativas promovidas por los sectores interesados en negar o al menor en retrasar la necesaria toma de medidas para atajar sobre todo las causas del cambio climático. Es un libro muy iluminador que permite entender y contextualizar muchas de la posiciones que vemos con frecuencia reflejadas en los medios de comunicación.

Ernesto Rodríguez Camino

Necrológica de José Luis Jiménez

El pasado 19 de diciembre, a las puertas de la Navidad y tras más de un año de lucha contra la enfermedad, falleció nuestro compañero José Luis Jiménez Bernadó a la edad de cuarenta y nueve años.

José Luis había ingresado en el entonces denominado Instituto Nacional de Meteorología (INM) en octubre de 1986. Al igual que muchos compañeros de entonces, se hizo socio de la AME en el curso de formación del Cuerpo de Observadores, habiendo continuado hasta la actualidad.

En febrero de 1987 se incorporó en prácticas al Centro Meteorológico Zonal de Zaragoza, donde yo también estaba recién llegado como Ayudante de Meteorología. En aquellos momentos coincidimos en Zaragoza personas jóvenes y con ilusión, tanto en lo profesional como en otros aspectos de la vida. Recuerdo con nostalgia la alegría de aquellos días, su sentido del humor y cómo nos hacía reír en muchos momentos con sus divertidas imitaciones.

Como Observador trabajó inicialmente en el flamante Grupo de Predicción y Vigilancia de Zaragoza y en la Oficina Meteorológica del Aeropuerto de Zaragoza. En noviembre de 1988 pasa por oposición al Cuerpo de Ayudantes de Meteorología (hoy Diplomados) y como primer destino ocupa la Jefatura de la Oficina Meteorológica del Helipuerto FAMET de Agoncillo, siendo durante dos años y medio el máximo responsable del INM en la Comunidad Autónoma. En julio de 1991 retorna a Zaragoza, con destino en la Sección de Sistemas Básicos de la cual pasa a ser Jefe en 1996 hasta su muerte (estuvo trabajando hasta una semana antes del fatal desenlace).

En esta etapa profesional destacó por su dedicación a temas tan variopintos como la informática, la instrumentación, el mantenimiento, la prevención de riesgos laborales o la implementación de nuevos procedimientos de seguridad y calidad.

A lo largo de estos años, en la demarcación de nuestro Centro y ahora Delegación, no hubo congreso, curso, exposición o acto de relevancia, en el que de una forma u otra, sin darle mayor importancia, no haya estado participando y las más de las veces llevando una parte importante de la responsabilidad. Juntos pusimos en marcha la red de observaciones especiales en Zaragoza (radiómetros, espectrofotómetro,…) y con su trabajo y dedicación se pudo construir el nuevo edificio de la sede de la Delegación Territorial de la AEMET en Aragón.

José Luis siempre fue una persona sensata y responsable, aunque quizá cada vez más reservada, de las están allí donde se les necesita, trabajando discretamente en un segundo plano y manteniéndose al margen del lucimiento personal tan omnipresente en otro tipo de personas. También era de esos tipos que lo mismo son capaces de dar clase de matemáticas en un Centro de Estudios Superiores que te arreglan el grifo que gotea.

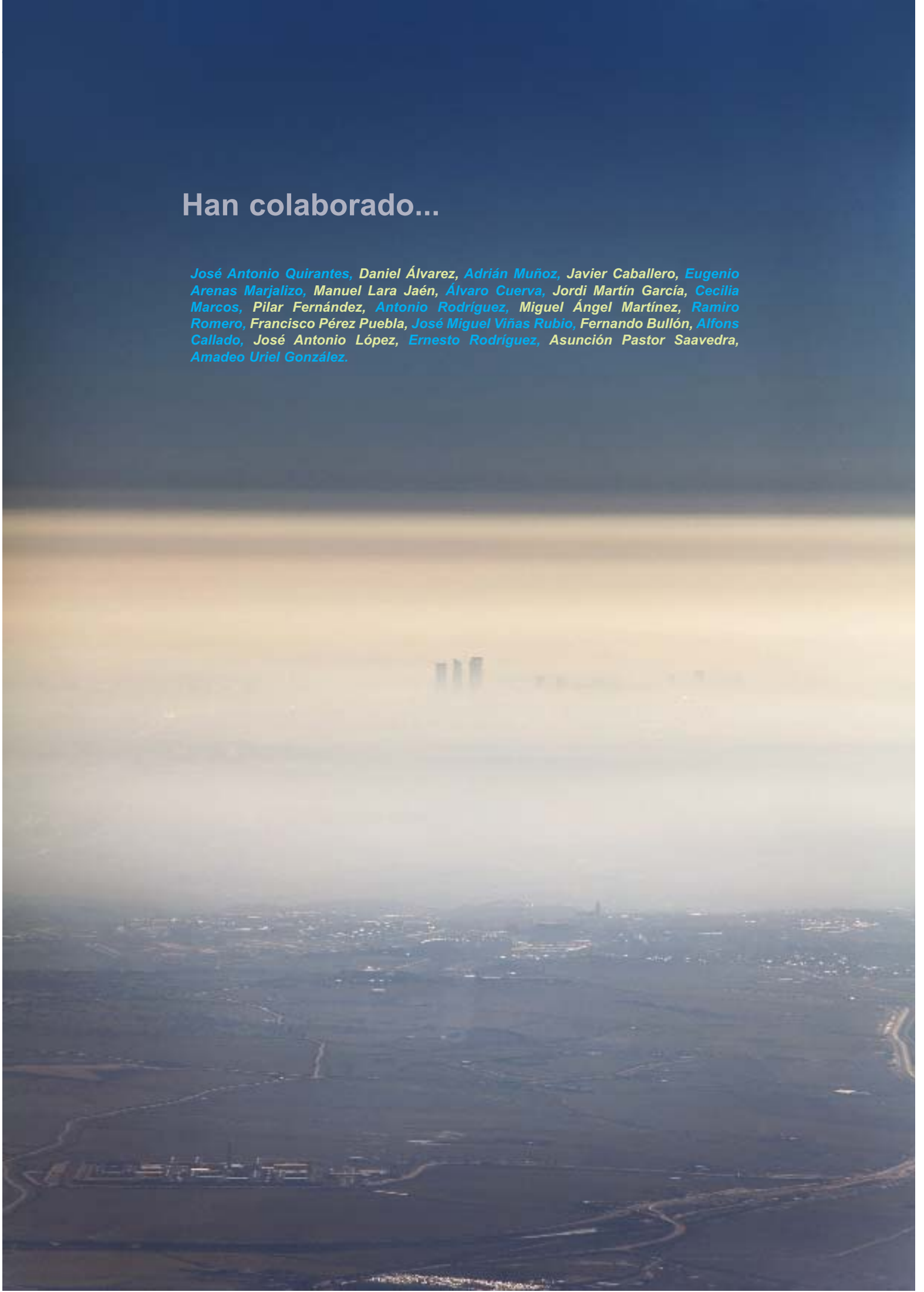
Muchas veces compartimos momentos difíciles y me apliqué otras tantas una frase suya, que siempre me ha venido a la memoria en situaciones complicadas "un problema es aquello que se puede resolver, lo que no tiene solución es un imposible y nada se puede hacer". Era su forma de entender la vida, todo aquello que era resoluble se podía acometer, a ser posible con optimismo, y lo demás no debía enturbiar el estado de ánimo.

José Luis deja desolados a su viuda y a dos niños de once y nueve años, así como al resto de los que tuvimos la suerte de haber podido trabajar con él, pero también nos queda su recuerdo y su ejemplo. De una forma u otra siempre estará entre nosotros.

Amadeo Uriel González
Delegado Territorial de AEMET en Aragón

Han colaborado...

José Antonio Quirantes, Daniel Álvarez, Adrián Muñoz, Javier Caballero, Eugenio Arenas Marjalizo, Manuel Lara Jaén, Álvaro Cuerva, Jordi Martín García, Cecilia Marcos, Pilar Fernández, Antonio Rodríguez, Miguel Ángel Martínez, Ramiro Romero, Francisco Pérez Puebla, José Miguel Viñas Rubio, Fernando Bullón, Alfons Callado, José Antonio López, Ernesto Rodríguez, Asunción Pastor Saavedra, Amadeo Uriel González.



AEMet

Agencia Estatal de Meteorología

www.aemet.es