

# El Sistema de Alerta de Tormentas de Polvo y Arena para Europa, África y Oriente Próximo de la Organización Meteorológica Mundial

<sup>1</sup>Emilio Cuevas, <sup>2,3</sup>José María Baldasano, <sup>2</sup>Carlos Pérez, <sup>4</sup>Xavier Querol,  
<sup>1</sup>Miguel Ángel Martínez, <sup>5</sup>Slobodan Nickovic y <sup>5</sup>Leonard Barrie

View metadata, citation and similar papers at [core.ac.uk](http://core.ac.uk)

brought to you by CORE

provided by Agencia Estatal de Meteorología

<sup>4</sup> Instituto de Ciencias de la Tierra "Jaume Almera" del Consejo Superior de Investigaciones Científicas

<sup>5</sup> Atmospheric Research Environmental Programme, Organización Meteorológica Mundial, Suiza.

## El impacto del polvo mineral en la atmósfera

Denominamos como "material particulado" (PM) atmosférico o "aerosol atmosférico" a todas aquellas partículas sólidas y/o líquidas (excepto gotas de agua) que puedan estar presentes en la atmósfera, ya sean de origen natural o antropogénico. Una gran parte del PM que se encuentra en la atmósfera se origina en las regiones áridas de la Tierra (conocido como "polvo mineral" desértico) y se distribuye a lo largo del planeta por la circulación atmosférica.

Los efectos del PM sobre la salud humana han sido evaluados mediante estudios epidemiológicos realizados a partir de la década de los 80, los cuales han demostrado la existencia de una clara relación entre las concentraciones de PM, particularmente PM<sub>10</sub>

(partículas con diámetro menor a 10 micras), y el número de muertes y hospitalizaciones diarias debidas principalmente a afecciones respiratorias y cardiovasculares. Por otro lado es bien conocido que los aerosoles atmosféricos afectan al clima de nuestro planeta, constituyendo hoy día la mayor incógnita en el complejo problema del cambio climático en el que nos encontramos inmersos.

Los aerosoles interactúan con la radiación solar y terrestre mediante la dispersión y absorción de la radiación de onda corta y larga. Asimismo modifican el albedo y la densidad de las nubes, jugando un papel importante en la formación de éstas últimas, ya que el PM puede actuar como núcleo de condensación, interviniendo de esta manera también en la regulación del ciclo del agua. Recientemente se ha demostrado que pueden ejercer un importante papel como núcleos de hielo en los altocúmulos.

El PM no solo afecta al clima o a la salud de las personas, sino que también puede afectar a otras actividades socioeconómicas tan variadas como la agricultura y la ganadería (por deposición de polvo en las hojas de las plantas), el transporte (mediante reducciones drásticas de la visibilidad), la pesca (modificando el contenido de minerales en el océano y así, el de nutrientes primarios), la contaminación atmosférica (interactuando con otros contaminantes gaseosos), etc.

Por tanto el impacto del polvo mineral en la calidad del aire, en el sistema climático y en los ecosistemas representa un problema ambiental, social y científico del más alto interés.

## El Proyecto sobre Tormentas de Polvo y Arena de la OMM. El Centro Regional para Europa, Norte de África y Oriente Próximo.

El Programa de Medio Ambiente e Investigación Atmosférica (AREP) de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), bajo el que se encuentra el Programa de Vigilancia Global (VAG), estableció el "*Sand and Dust Storm (SDS) Project*" (Proyecto de tormentas de arena y polvo) en septiembre del 2004. El principal objetivo de este proyecto es el de conseguir observaciones continuadas y coordinadas y capacidades de modelización de las tormentas de polvo y arena con el fin de mejorar la vigilancia y el conocimiento de este tipo de tormentas y también, y consecuentemente, para mejorar su predicción.

El desarrollo de un sistema experimental de alerta de tormentas de polvo para Asia y el Pacífico fue presentado en la "*Third International Early Warning Conference*" celebrada en Bonn (Alemania) en marzo de 2006. Este sistema, liderado por el Servicio Meteorológico de China, era demandado desde hace tiempo debido a los importantes impactos que las tormentas de polvo y arena, que se generan en Mongolia y norte de China, ejercen sobre numerosas actividades socioeconómicas en el sudeste asiático, y que afectan a países con una gran población e importantes economías como China, Corea y Japón.

Sin embargo ésta no es la única región de mundo, ni la más importante, en cuanto a problemas generados por el polvo atmosférico. El desierto del Sahara genera más de un 50% del polvo mineral que se encuentra suspendido en la atmósfera a nivel terrestre o global. Los desiertos de Arabia y México son también zonas fuente muy importantes. Por ello una nueva propuesta de la OMM para la creación de un sistema de alerta que cubriese otras dos regiones de la Tierra fue aceptada en la reunión del Comité Directivo del proyecto celebrada en noviembre de 2006 en Shanghai (China). Para América fue designado el Servicio Meteorológico de Canadá, y para la región que comprende el Norte de África, Oriente Medio y Europa, España fue propuesta como centro regional.

Un consorcio formado por tres instituciones españolas compone este centro regional: la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), el *Barcelona Supercomputing Center*-Centro Nacional de Supercomputación (BSC-CNS), y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, a través del Instituto de Ciencias de la Tierra Jaume Almera (IJA-CSIC).

Este centro regional tiene tres objetivos principales sobre la región de Europa, Norte de África y Oriente Próximo:

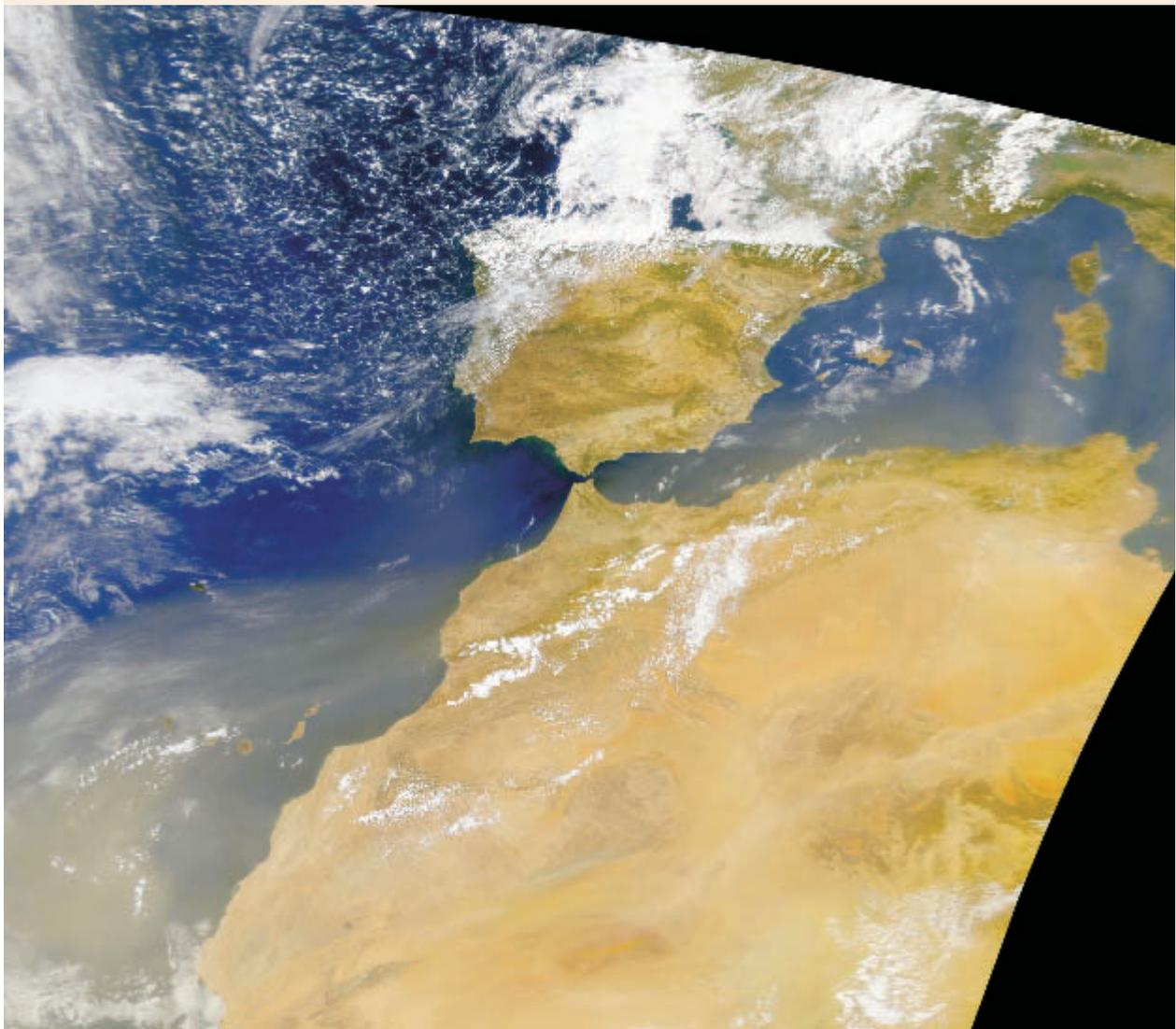
1. Proporcionar un sistema básico de vigilancia y predicción en tiempo real, con los correspondientes procedimientos de validación, a la comunidad investigadora y como apoyo a los países en desarrollo en África y Oriente próximo;
2. Mantener un portal “on-line” abierto de información sobre tormentas de polvo y arena en el que puedan contribuir todos los sistemas de observación, tanto satelitales como de Tierra, así como modelos de predicción que lo deseen; y
3. Implementar una base de datos libre, accesible a través de una web, con datos históricos tanto de observación (satélites y teledetección terrestre) como de modelos con el fin de poder permitir la realización de análisis de casos de estudio, así como climatológicos, a la comunidad científica internacional.

Este centro tiene como propósito implementar un sistema coordinado de observaciones de polvo atmosférico a partir de satélites (AVHRR, SeaWiFS, Modis, OMI, MSG, CALIPSO,

AQUA...), redes de teledetección terrestres (EARLINET, AERONET, MPLNET...), y modelos de predicción de tormentas de polvo natural (DREAM, SKIRON, CHIMERE, ECMWF-MACC, TAU, HYSPLIT...) que permita mejorar la capacidad de vigilancia de este tipo de eventos, aumentar el conocimiento de los procesos involucrados en su formación y mejorar la capacidad actual de predicción. Por tanto, se trata de un sistema enmarcado en el ámbito de la investigación atmosférica, y con fines de investigación multidisciplinar. Este sistema también tiene como objetivo generar y validar nuevos productos, herramientas y metodologías para la vigilancia y predicción de tormentas de polvo y arena, con el fin último de que vayan paulatinamente incorporándose en los sistemas de vigilancia y predicción meteorológica gestionados por diferentes servicios meteorológicos nacionales o supranacionales.

Los países beneficiados directamente por este sistema en África (Región I de la OMM) son 23: Argelia, Burkina-Faso, Cabo Verde, Camerún, Chad, Costa de Marfil, Egipto, Eritrea, Gambia, Ghana, Guinea, Libia, Mali, Mauritania, Marruecos, Níger, Nigeria, República Centroafricana, Sáhara Occidental, Senegal, Sudan, Túnez y Yibuti. Los países del Próximo Oriente (Región 2 de la OMM) incluidos en el área de cobertura del SDS

Imagen de SeaWiFS del 19-07-2007 donde se observa una intrusión de polvo sobre el Atlántico, afectando a Canarias, y sobre el Mediterráneo afectando al SE de la Península, Córcega y Cerdeña.



WS son 13: Arabia Saudí, Chipre, Emiratos Árabes Unidos, Israel-Palestina, Irak, Jordania, Kuwait, Líbano, Omán, Qatar, Siria, Turquía y Yemen. A todos éstos habría que añadir los países europeos.

Aunque se trata de un sistema que se encuentra enmarcado en el ámbito científico, incorpora características operativas típicas de los sistemas meteorológicos operacionales, como son la ingestión automática de datos de observación, tanto de satélites como de Tierra, la ejecución automática de modelos de predicción, y la validación automática y en tiempo cuasi real de las predicciones frente a observaciones, tanto de Tierra como de satélites.

Este sistema, además, tiene una particularidad que es la de adoptar la filosofía del Grupo de Observación de la Tierra (GEO). La incorporación de criterios y estrategia GEO supone, entre otras cosas, producir información multidisciplinar orientada al usuario final, el cual participa desde el principio en la generación del producto, distribuir esta información de forma gratuita, y establecer un sistema de colaboración e intercambio de información con numerosas instituciones tanto técnico-científicas como de usuarios.

El hecho de que España haya sido elegida para implementar este centro regional es debido a varias razones. La primera de ellas es la experiencia demostrada por los grupos españoles en modelización de polvo atmosférico (modelo DREAM en el BSC; Pérez et al., 2006), el desarrollo de procedimientos y algoritmos para la determinación de polvo atmosférico a partir de sensores de satélites (gran parte de ello en el marco del SAF-Nowcasting que lidera la AEMET; Martínez et al., 2007), y su activa participación en redes de teledetección de polvo (AERONET-PHOTONS y EARLINET). En este último aspecto no debemos olvidar que el Observatorio de Izaña (AEMET) es centro de calibración de la red de fotómetros solares AERONET a través de las redes asociadas PHOTONS y RIMA, y que está sirviendo de referencia para el centro de calibración de la red de fotómetros solares Cimel que próximamente se va a montar en China. La

segunda razón es el importante volumen de trabajos publicados en revistas científicas sobre material particulado y polvo atmosférico por parte de los grupos de investigación que conforman el consorcio. Las tres instituciones han trabajado juntos en la publicación de un total de 58 artículos científicos publicados en revistas internacionales que figuran en el "Science Citation Index" sobre aerosoles particulados y polvo atmosférico en el periodo 2003-2007. La tercera razón es la disponibilidad inmediata y flexible de un supercomputador (Marenostrum del BSC) para correr en modo experimental varios modelos europeos de predicción de polvo atmosférico simultáneamente, con capacidad para realizar la misma asimilación de datos a partir de fotómetros, lidares y satélites, así como para validar los productos frente a información de muy diferente naturaleza que se ingesta en tiempo real en dicho ordenador. Por ejemplo, la poderosa red EARLINET (red de lidares europeos) alojará a partir de este mes en el supercomputador Marenostrum su base de datos relacional en tiempo real.

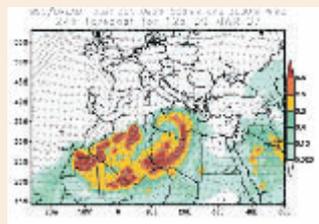
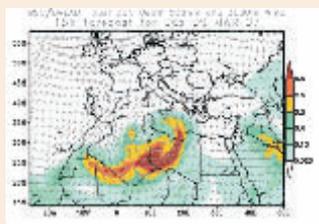
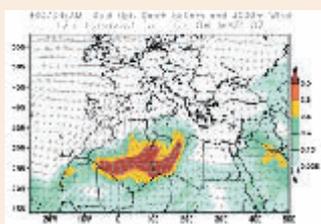
### Actividades presentes y futuras del Centro Regional para Europa, Norte de África y Oriente Próximo

¿Qué investigaciones y desarrollos se están realizando actualmente o se realizarán en el marco del Centro Regional? Los productos de modelización disponibles actualmente de forma rutinaria son los siguientes:

- Predicciones y análisis de  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  y PST (Partículas suspendidas totales) hasta 72 h cada 6 h con una resolución horizontal operativa de  $50 \times 50 \text{ km}^2$  para diferentes niveles isobáricos y/o de altura geopotencial, para Europa, el Norte de África y Oriente Próximo.

#### DUST STORM: 9 MARCH 2007 OVER NORTH AFRICA

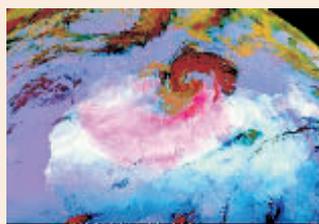
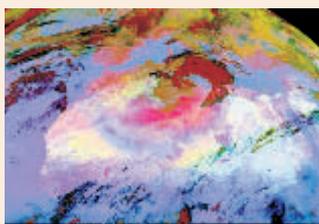
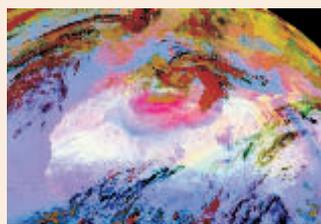
Operational 72-h dust forecast for Europe and North Africa (aerosol optical depth, total dust loading, surface concentration, dry and wet deposition)  
<http://www.bsc.es/projects/earthscience/DREAM/>



Forecasted

Operational surveillance and model verification with Meteosat Second Generation (MSG) near-real time

Dust product - pink colour



Observed

Comparación entre predicción de espesor óptico de aerosoles (AOD) a las 00, 06, y 12h (UTC) del 09-03-2007 mediante el modelo DREAM del Centro Regional, con imágenes RGB cualitativas de polvo obtenidas a partir de los canales SEVIRI del MSG a las mismas horas. El polvo se registra con tonos azulados-violáceos. Téngase en cuenta la diferente proyección de las imágenes.

- Predicciones y análisis de contenido total de polvo en columna con una resolución horizontal de 50x50 km<sup>2</sup>.
- Predicciones y análisis de espesor óptico de aerosoles (AOD en columna a 550 nm).
- Predicciones y análisis de deposición seca, húmeda, y total con una resolución horizontal de 50x50 km<sup>2</sup>.
- Predicciones y análisis de secciones verticales de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> y PST para perfiles que se elijan.
- Series temporales de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> y PST para un punto con coordenadas y altitud que se elija (“Dustgrams”).
- Otros productos: PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> total sobre Europa (polvo + aerosol antropogénico).
- Reanálisis (cada 6 h) del periodo 1958-2007.

Los productos de observación que se obtienen en tiempo cuasi-real y son almacenados de forma rutinaria son los siguientes:

- Imágenes de polvo con determinación cualitativa de polvo mediante técnica RGB a partir de canales Sevir de MSG cada 15 minutos para toda la cobertura de responsabilidad.
- Máscaras de nubes y otros productos auxiliares que se pueden obtener del *Satellite Application Facility on support to Nowcasting and Very Short-Range Forecasting* (dirección web del SAF-Nowcasting; <http://nwcsaf.inm.es/>).
- Distribución vertical de AOD del lidar MPLNet (NASA) de Tenerife y de los lidars de la red europea EARLINET.
- Datos de espesor óptico de aerosoles (AOD) y parámetro Alfa, en tiempo cuasi-real, de más de 30 fotómetros solares Cimel de la red AERONET-PHOTONS-RIMA instalados en el dominio geográfico del Centro Regional.

Gran parte de esta información, sobre todo la de predicción y la de validación frente a fotómetros, está actualmente disponible, por el momento y hasta que no se publique la web del Centro Regional, en [www.bsc.es/projects/earthscience/DREAM](http://www.bsc.es/projects/earthscience/DREAM). El modelo que se corre de forma rutinaria para obtener un conjunto básico de productos de predicción experimental es DREAM (*Dust REgional Atmospheric Model*), desarrollado por Slobodan Nickovic (Nickovic et al., 2001), y recientemente mejorado con nuevas parametrizaciones por Carlos Pérez (Pérez et al., 2006 y 2006b). Este modelo se encuentra en continua evolución.

Aunque el Centro Regional está actualmente siendo implementado, participa ya en numerosos proyectos y desarrollos de la más diferente índole. Algunas de las líneas de investigación son las siguientes:

En relación al sector de la salud, el Centro Regional presentó un Paquete de Trabajo dentro subproyecto O-HEALTH del proyecto europeo MACC (“*Monitoring Atmospheric Composition and Climate*”), titulado “*Sand and Dust forecasting to prevent meningitis epidemics*” cuya financiación ha sido aprobada. Asimismo el Centro

Regional participa activamente en el Proyecto MERIT (“*Meningitis Environmental Risk Information Technologies*”) coordinado en el marco de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y de GEO.

Efectivamente las epidemias de meningitis constituyen un problema muy serio en la región del Sahel denominada “cinturón de la meningitis”, región donde vive una población superior a los 300 millones de personas. Estas epidemias causan cada año entre 25.000 y 200.000 fallecimientos, la mayor parte, de niños. Cada vez más pruebas vinculan los brotes de meningitis en el Sahel norteafricano al fenómeno de tormentas de polvo y a otros factores medioambientales como la humedad y el índice de vegetación del suelo.

Sin embargo la serie de datos sobre polvo atmosférico utilizada para ser cruzada con la información sobre epidemias de meningitis es la proporcionada por satélites, que es muy corta y adolece de importantes limitaciones ya que da cuenta del contenido total de polvo en la columna atmosférica y no de la concentración de polvo en superficie. Esta relación entre polvo atmosférico y meningitis está siendo confirmada mediante el reanálisis de series largas de simulaciones de polvo realizadas con DREAM en el periodo 1958-2007. De confirmarse esta buena correlación entre polvo y meningitis, más importante que las predicciones a corto plazo (72 h), serán las predicciones estacionales de polvo ya que éstas podrían ayudar de forma eficaz a preparar las campañas de vacunación.

Por otro lado, y basados en simulaciones en el periodo 1958-2006, Pérez et al. (2007) han demostrado que existe una gran correlación entre las intrusiones de polvo y la NAO (*North Atlantic Oscillation Index*) cuando la NAO se encuentra en la fase positiva, precisamente en invierno (diciembre-febrero) que es cuando se inician los brotes de meningitis. Estos resultados novedosos han abierto una nueva línea de investigación del Centro Regional encaminada a realizar predicciones estacionales de intrusiones de polvo en el Sahel.

Los reanálisis de DREAM sobre Europa pueden servir, además, para que los epidemiólogos puedan realizar estudios sobre la relación entre el incremento de los niveles PM<sub>10</sub> causado por aporte de polvo africano, problemas respiratorios, y mortalidad en diferentes regiones de Europa meridional donde las intrusiones de polvo procedente del norte de África elevan considerablemente, aunque de forma esporádica los valores de fondo de PM<sub>10</sub>.

Ya en el campo de la calidad del aire, y conectado con el punto anterior, está demostrado que los países del sur de Europa exceden los límites de PM establecidos por la Directiva Europea bajo la influencia de masas de aire cargadas de polvo que son transportadas desde el norte de África (Escudero et al., 2006; 2007). Hoy día la identificación y justificación de las superaciones de estos límites se realiza en el marco de un convenio de investigación de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente (DGCEA) con el CSIC y AEMET. Además se obtiene información cuantitativa de los aportes de polvo africano utilizando los datos suministrados por una red de estaciones que miden los niveles PM<sub>10</sub> y que coordina la DGCEA, con la participación de todas las CCAA. Estos datos cuantitativos servirán además para validar el modelo sobre España y así mejorar las predicciones que a su vez son actualmente ya utilizadas por la citada red. Las predicciones precisas de polvo del Centro Regional sobre el Mediterráneo y los países del

sur de Europa podrán ayudar a los gestores de calidad del aire a interpretar mejor los resultados de las estaciones de medida, a extrapolar los resultados a regiones donde no se realicen medidas, y contribuir a justificar las superaciones de los límites de PM establecidos. Asimismo, los estudios con reanálisis a largo plazo permitirán detectar posibles tendencias.

Las actividades del Centro Regional también abordan problemas en el sector del transporte. En nuestros países vecinos del sur (Túnez, Argelia y Marruecos) y en el archipiélago Canario, las tormentas de polvo llegan a paralizar algunos aeropuertos y a dificultar el transporte por carretera debido a reducciones drásticas de visibilidad limitándola a una decena de metros. El Centro Regional está ultimando la predicción de visibilidad (rango visual con los mismos criterios utilizados en el cifrado de las oficinas meteorológicas aeronáuticas). Estas predicciones, que no son actualmente realizadas por los modelos de predicción meteorológica clásicos, pueden ser de gran ayuda para operar aeropuertos y aeródromos localizados en el norte de África, el Sahara y el Sahel. Además, la información que sobre visibilidad proporcionan los METAR realizados en estas oficinas será utilizada para validar de forma indirecta las predicciones de concentración de polvo del modelo.

En relación al impacto que la deposición de polvo ejerce sobre el océano, el Centro Regional ha iniciado una estrecha cooperación investigadora con la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad de Las Palmas. Se ha documentado cómo, tras determinados episodios de intrusión de polvo sobre el océano, se ha producido apariciones masivas de cianobacterias potencialmente tóxicas para la fauna marina (Ramos et al., 2007). Actualmente se trabaja también en el análisis de correlación de series largas de deposición de polvo simulada con el modelo DREAM y de clorofila A obtenida mediante satélite sobre varias regiones seleccionadas del Océano Atlántico y el Mediterráneo. Es conocido que los procesos intensos de deposición de polvo atmosférico sobre el océano provocan un aporte importante de hierro (Fe) sobre el mismo, ocasionando episodios de enriquecimiento de nutrientes.

Pérez et al. (2006b) han demostrado que bajo densas plumas de polvo se puede producir un enfriamiento de hasta 5°C en superficie y un calentamiento en niveles superiores, todo ello debido al forzamiento radiativo del polvo mineral en suspensión.

Los modelos meteorológicos que realizan las predicciones operativas no detectan este sesgo (bias) ya que no contemplan en sus parametrizaciones, hasta ahora, las interacciones polvo-radiación. Esta es una línea de investigación que va a ayudar a mejorar las predicciones de temperatura sobre el Mediterráneo y el norte de África. En el marco de esta misma línea se está trabajando en esquemas de interacción polvo-nube, que también de enorme importancia para mejorar las predicciones meteorológicas.

Últimamente, están siendo publicados también numerosos trabajos relativos al impacto que el forzamiento radiativo del polvo en suspensión sobre el Atlántico podría ocasionar en los desarrollos ciclónicos, especulándose sobre su posible incidencia en la formación y evolución de depresiones tropicales, en las proximidades de la costa africana, que posteriormente viajan hacia el oeste terminando como tormentas tropicales o huracanes. El análisis de casos de estudio y el de series largas de reanálisis de polvo con DREAM, conjuntamente con el de información meteorológica y de satélites podría aportar información para comprobar si existe alguna correlación negativa entre el número de tormentas tropicales y la concentración promedio de polvo en suspensión sobre el Atlántico.

Otro aspecto que desarrolla el Centro Regional es el de apoyo a campañas científicas de medida intensivas aerotransportadas para el estudio de las intrusiones de masas de aire africanas y la caracterización del polvo mineral, como las dos campañas del proyecto TROMPETA (*TROPical Monitoring Phase in the Atmosphere*) realizadas conjuntamente por el INTA y la AEMET (Centro de Investigación Atmosférica de Izaña) en julio de 2005 y 2006 entre Tenerife y Gran Canaria. El Centro Regional realizará las predicciones para el experimento SAMUM (*The SAharan Mineral DUst Experiment*), que realizarán próximamente en Cabo Verde, en enero y febrero de 2008, varias instituciones científicas alemanas, francesas y de Estados Unidos.

El Centro regional realiza un gran esfuerzo en las actividades de validación. Se valida en tiempo cuasi-real el espesor óptico de aerosoles (AOD) proporcionados por determinado sensores satelitales, así como el AOD proporcionado por DREAM frente al AOD de más de 30 fotómetros solares Cimel de AERONET. Se realizan comparaciones espaciales entre el AOD de satélites (AVHRR y Modis) y el AOD de DREAM sobre el océano, y se comparan los productos RGB de polvo del MSG frente al AOD



Fotografías tomadas en Santa Cruz de Tenerife durante una intrusión intensa de polvo en suspensión (17-01-2005), y desde el mismo lugar un día normal (28-03-2005). Cortesía de Antonio M. Sánchez Pérez.



Reunión del grupo de expertos del programa SDS-WS. Barcelona, noviembre de 2007

de DREAM. Por otro lado se validan los perfiles verticales de AOD de DREAM frente a los perfiles verticales de polvo obtenidos por los lidar de EARLINET.

El Centro Regional acometerá en los próximos meses la validación de los niveles de PM<sub>10</sub> estimados por DREAM frente a los niveles de PM<sub>10</sub> registrados en estaciones de tierra que proporcionen información en tiempo real, prácticamente todas ellas europeas. Próximamente se validará también la radiación de onda larga de salida (al exterior de la atmósfera) estimada por el modelo con la observada desde satélite. Se realizarán campañas de medida de forzamiento radiativo bajo condiciones de altas concentraciones de polvo en Izaña y Santa Cruz de Tenerife para ser comparadas con las estimadas por DREAM.

Actualmente DREAM está siendo implementado en el modelo paralelizado y no hidrostático NMM/NCEP en el BSC. Esta nueva versión permitirá correrlo como un modelo global y simultáneamente como un modelo regional de alta resolución. Se dispone de una versión pre-operacional de DREAM que utiliza 8 "bin" de tamaños de partículas en lugar de los 4 actuales. También se está trabajando en la mejora de las parametrizaciones de las emisiones de polvo, que es donde residen las mayores fuentes de error en los modelos de predicción de polvo, así como en las de deposición húmeda y las de los efectos radiativos del polvo. El reto será el de realizar asimilación de datos de lidar en tiempo real, así como acometer la asimilación de AOD proporcionada por determinados sensores satelitales.

Como se puede comprobar las actividades de I+D del Centro Regional son multidisciplinarias y hacen uso tanto de modelización como de observaciones remotas (satelitales y de tierra) y de observaciones in-situ.

España juega un papel destacado en el sistema mundial de SDS WS de la OMM, y prueba de ello es que el primer "WMO/GEO Expert Meeting on an Internacional Sand and Dust Storm Warning System" se celebró en el Campus Sud de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) en Barcelona entre el 7 y el 9 de noviembre de 2007. Esta reunión internacional fue organizada por la OMM, el Grupo de Observación de la Tierra (GEO), el BSC-CNS, la AEMET y el CSIC-IJA. La reunión congregó a un centenar de investigadores de los campos de la modelización atmosférica y de

la calidad del aire, la comunidad de satélites, redes de observación atmosférica de teledetección de observación y diferentes comunidades de usuarios de sectores tan variados como la salud, la energía, la oceanografía, la aeronáutica y la calidad del aire. Para más información sobre el contenido de este evento: <http://salam.upc.es/wmo/>. Después de este encuentro internacional tuvo lugar una reunión del "Steering Committee" del Sistema de Tormentas de Polvo y Arena de la OMM en el que se decidieron las líneas maestras del Plan de Implementación de este Sistema mundial, la estructura y misiones de los Centros Regionales, las relaciones entre los mismos, y su coordinación con la OMM.

## Referencias

- Cuevas E.**, J.M. Baldasano, C. Pérez, X. Querol, S. Basart, M.A. Martínez, O. Jorba, P. Jiménez, L. Barrie and S. Nickovic (2007), The WMO Sand and Dust Storm Warning System (SDS-WS) for Europe, Africa and Middle East: a GEO-oriented System, WMO/GEO Expert Meeting on an Internacional Sand and Dust Storm Warning System, Barcelona, November 7-9, 2007.
- Escudero, M.**, X. Querol, A. Avila, and E. Cuevas (2006), Origin of the exceedances of the European daily PM limit value in regional background areas of Spain, *Atmos. Environ.*, 41 (2007) 730–744.
- Escudero, M.**, X. Querol, J. Pey, A. Alastuey, F. Ferreira, E. Cuevas (2007), Methodology for the quantification of the net African dust load in air quality monitoring networks, *Atmos. Environ.*, 41, 5516–5524.
- Martínez, M.A.**, J. Ruiz, E. Cuevas (2007), Use of SEVIRI images and derived products in a WMO Sand and Dust Storm Warning System, WMO/GEO Expert Meeting on an Internacional Sand and Dust Storm Warning System, Barcelona, November 7-9, 2007.
- Nickovic, S.**, G. Kallos, A. Papadopoulos and O. Kakaliagou (2001), A model for prediction of desert dust cycle in the atmosphere, *J. Geophys. Res.*, 106, 18113-18129.
- Pérez, C.**, S. Nickovic, J. M. Baldasano, M. Sicard, F. Rocadenbosch, V. E. Cachorro (2006), A long Saharan dust event over the Western Mediterranean: lidar, sun photometer observations and regional dust modeling, *J. Geophys. Res.*, 111, D15214, doi:10.1029/2005JD006579.
- Pérez, C.**, S. Nickovic, G. Pejanovic, J.M. Baldasano and E. Özsoy (2006b), Interactive dust-radiation modeling: a step to improve weather forecasts, *J. Geophys. Res.*, 111, D16206, doi:10.1029/2005JD006717.
- Pérez, C.**, P. Jiménez-Guerrero, O. Jorba, J. M. Baldasano, E. Cuevas, S. Nickovic, X. Querol (2007), Long-term simulations (1958-2006) of Saharan dust over the Mediterranean and the Eastern North Atlantic with the DREAM regional dust model, IUGG XXIV, Perugia, Italy, July 2-13, 2007.
- Ramos, A.**, E. Cuevas, C. Perez, J.M. Baldasano, J. Coca, A. Redondo, S. Alonso, J. J. Bustos (2007), Saharan Dust and Blooms of Diazotrophic Cyanobacteria off the NW African Upwelled Waters, WMO/GEO Expert Meeting on an Internacional Sand and Dust Storm Warning System, Barcelona, November 7-9, 2007.