

2

CARACTERIZACIÓN DE UN EPISODIO DE INTRUSIÓN SAHARIANA EN EL SUROESTE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA*

Por: Yiniva Camargo Caicedo**

Fecha de recibido: 6 de julio de 2010 • Fecha de aceptación: 30 de septiembre de 2010

RESUMEN:

El objetivo de este proyecto se orientó a estudiar un evento de intrusión de masa de aire nor-teafricana en el suroeste de la Península Ibérica con importante carga de material particulado atmosférico durante el periodo comprendido entre el 20 y 26 de diciembre de 2007. Para ello fue necesaria la aplicación de un protocolo basado en el cálculo de retrotrayectorias, estudio de imágenes satelitales y evaluación de niveles promedio de PM-10 registrados en estaciones de monitoreo de calidad de aire. Los resultados obtenidos para el periodo de estudio identificaron la ocurrencia del episodio de intrusión de masas de aire procedentes del norte de África, que generaron altos registros de PM-10 en las estaciones de monitoreo seleccionadas en la Provincia de Huelva, reportando la máxima media horaria en la estación CAM con $162.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el día 21 de diciembre de 2007, y superando los $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ establecidos en la normativa vigente.

PALABRAS CLAVE:

Aerosoles, Intrusión sahariana, Modelos, PM-10, Polvo.

Revista Inge-CUC / Vol. 6 - No. 6 / Octubre 2010 / Barranquilla - Colombia / ISSN 0122-6517

23



* Artículo corto resultado del proyecto de investigación Evaluación de evento de intrusión de polvo sahariano en el suroeste de la Península Ibérica. Grupo de Investigación en Modelación de Sistemas Ambientales. Línea de investigación Calidad de Aire. Investigador Principal: Yiniva Camargo Caicedo.

** Ingeniera Química, Sp. en Ingeniería de Saneamiento Ambiental de la Universidad del Norte. MSc. Educación Ambiental del Instituto de Investigaciones Ecológicas de Málaga (España) en Convenio con la Universidad Autónoma de Yucatán (México). Investigadora. Calle 88 No. 76-35, Barranquilla. yiniva04@gmail.com





2

CHARACTERIZATION OF A SAHARAN DUST EVENT OVER THE SOUTHWESTERN IBERIAN PENINSULA

By: Yiniva Camargo Caicedo

ABSTRACT:

The objective of this project was aimed at studying an event of air mass intrusion of North African over the Southwestern Iberian Peninsula with atmospheric particulate matter during the 20th and December 26th of 2007. This required the implementation of a protocol based on the calculation of back trajectories, satellite imagery and evaluation of average levels of PM-10 monitoring stations of air quality. The

results for the period of study identified the occurrence of the episode of air masses intrusion from North Africa, which generated high records of PM-10 in selected monitoring stations in the province of Huelva, reporting the highest hourly average for the 162.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in CAM station for the day December 21th of 2007, and exceeds 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ set in current regulations.

KEY WORDS:

Aerosols, Saharan intrusion, Models, PM-10, Dust.





INTRODUCCIÓN

El material particulado suspendido en el aire de la Península Ibérica tiene como una de las principales fuentes las masas de aire procedentes de los desiertos del Sahara y Sahel ubicados en el norte de África^{1,2}. Las estimaciones efectuadas para establecer la cantidad de material particulado producido en el desierto del Sahara proporcionan valores que oscilan entre 130×10^6 y 760×10^6 toneladas por año^{3,4}, considerándose una de las mayores fuentes de polvo en la región que afecta áreas locales y remotas.

En el estudio de la contaminación atmosférica proveniente de intrusiones saharianas se utilizan modelos basados en el estudio de imágenes satelitales y pronósticos, así como en el cálculo de retrotrayectorias. En el transporte y dispersión de partículas hacia Europa se presentan tres tipos de trayectorias: a) Oeste, b) Norte y c) Noroeste, siendo las dos últimas las que presentan una mayor influencia en la Península Ibérica⁵. Estas trayectorias ocurren bajo la influencia de un centro de baja presión sobre el suroeste de la Península Ibérica y un anticiclón en el noreste de África⁶.

En este trabajo se presentan los resultados del estudio de un evento de intrusión de masas de aire con importante carga de material particulado atmosférico procedente del norte de África entre el 20 y 26 de diciembre de 2007 en el suroeste de la Península Ibérica.

METODOLOGÍA

En el estudio de eventos de intrusión de masas de aire con partículas procedentes del norte de África se ha aplicado la metodología descrita por Querol *et al.* (2002), que consiste en un protocolo de etapas basado en el cálculo de retrotrayectorias, estudio de imágenes de satélite y evaluación de niveles promedio registrados en estaciones de monitoreo de calidad de aire⁷.

El cálculo de retrotrayectorias se realizó utilizando el modelo HYSPLIT 4⁸, que se alimenta de la base de datos meteorológica GDAS (global, diciembre 2004-presente) para la Península Ibérica, que permitió evaluar la dispersión de las masas de aire, comprobar la procedencia de las partículas en suspensión y simular la trayectoria que estas seguirán hasta el área de estudio; las retrotrayectorias isoentrópicas se obtuvieron para cada día a las 12:00 h en el periodo comprendido entre el 20 y 26 de diciembre de 2007, para alturas de partida 750 m, 1.500 m y 2.500 m sobre el nivel del mar.

El estudio de imágenes satelitales se realizó con la ayuda de mapas de índice de aerosoles NAAPS (Navy Aerosol Analysis and Prediction System), y DREAM-BSC (Dust Regional Atmospheric Model) de la División de Ciencias de la Tierra en Barcelona Supercomputing Center, que pueden identificar los episodios de intrusión de masas de aire procedentes del norte de África.

Los niveles promedio diarios validados de PM-

1. D' ALMEIDA, G. A. (1987). En: LEINEN, M.; SARNTHEIN, M. Eds. *Paleoclimatology and Paleometeorology: Modern and Past Patterns of Global Atmospheric Transport*. NATO ASI Series, C, 282, 311-338.
2. PRÓSPERO, J. M. (1999). Long-term measurements of the transport of African mineral dust to the southeastern United States: Implications for regional air quality. *Journal of Geophysical Research*, 104, 15917-15927.
3. SWAP, R.; LANSKI, S. U.; COBBETT, M.; and GARSTANG, M. (1996). Temporal and spatial characteristics of Saharan dust outbreaks, *J. Geophys. Res.*, 101, 4205-4220.
4. CALLOT, Y.; MARTICORENA, B.; BERGAMETTI, G. (2000). Geomorphologic approach for modelling the surface features of arid environments in a model of dust emissions: Application to the Sahara desert. *Geodinámica Acta*, 13(5), 245-270.
5. ÁVILA, A., QUERALT-MITJANS, I. and ALARCÓN, M. (1997). Mineralogical composition of African dust delivered by red rains over northeastern Spain, *J. Geophys. Res.*, 102(D18), 21,977-21,996.
6. RODRÍGUEZ, S.; QUEROL, X.; ALASTUEY, A.; KALLOS, G.; KAKALIAGOU, O. (2001). Saharan dust contributions to PM10 and TSP levels in Southern and Eastern Spain. *Atmospheric Environment*, 35, 2433-2447.
7. SÁNCHEZ, A. M.; DE LA ROSA, J.; QUEROL, X.; ALASTUEY, A. (2005). Impacto y mineralogía del material particulado atmosférico de origen norteafricano en Andalucía Occidental. *Geogaceta*, 37, 151-154.
8. DRAXLER, R. R. and ROLPH, G. D. 2003. HYSPLIT (HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory) Model access via NOAA ARL READY Website (<http://www.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php>). NOAA Air Resources Laboratory, Silver Spring, MD.



10 en unidades de $\mu\text{g}/\text{m}^3$ fueron registrados en las estaciones representativas de monitoreo de calidad de aire ubicadas en la provincia de Huelva (suroeste de la Península Ibérica); la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía suministró los informes cuantitativos del mes de diciembre de 2007 en las estaciones La Orden (ORD), Doñana (DOÑ), Los Rosales (ROS), Marismas del Titán (TIT), La Rábida (RAB), Campus Universitario del Carmen (CAM), Palos de la Frontera (PAL), Moguer (MOG) y San Juan del Puerto (SJP).

RESULTADOS

Los resultados del análisis de retrotrayectorias para el periodo comprendido entre el 20 y 26 de diciembre de 2007 a 750, 1.500 y 2.500 m. s. n. m. se presentan en la Figura 1.

En el análisis de las retrotrayectorias para cada día de ocurrencia del episodio, se observa que los orígenes mayoritarios de las masas de aire que alcanzan el suroeste de la Península Ibérica corresponden a: i) campos de viento en direcciones SE, ESE y a 2500 m.s.n.m la predominancia es SSE (20 de diciembre de 2007), ii) dirección predominante SE, ESE con excepción de la trayectoria descrita a 2500 m.s.n.m que tiene dirección SW (21 de diciembre de 2007), iii) trayectoria con predominancia a SE, W y a 1.500 m.s.n.m la dirección corresponde a WSW (22 de diciembre de 2007), iv) campo de vientos presenta trayectorias con tendencia a la dirección E para 750 m.s.n.m. SSW-SW a 1.500 m.s.n.m. y WSW a 2.500 m.s.n.m. (23 de diciembre de 2007), v) a 1.500 m.s.n.m. y a 2.500 m.s.n.m. la predominancia de la trayectoria es hacia E y en la troposfera baja E-NNE (24 de diciembre de 2007), vi) Predominancia de la trayectoria ENE a 750 m.s.n.m. y a 1.500 m.s.n.m., mientras que a 2.500 m.s.n.m. la dirección es NNE (25 de diciembre de 2007) y vii) las trayectorias dominantes para los tres niveles son hacia el W, aunque se observa la presencia de un bucle en la troposfera baja (26 de diciembre de 2007).

A partir del modelo de análisis de aerosoles multicomponente NAAPS (Navy Aerosol Analysis and Prediction System) de la NRL disponible en la página <http://www.nrlmry.navy.mil/aerosol/>, se pudo acceder a través de NAAPS Global Aerosol Model al Plot Generator para Europa durante diciembre de 2007 y específicamente en los días 20 al 26 de diciembre de 2007. Los archivos de NAAPS obtenidos se presentan en las Figuras 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8.

Realizando la observación de los mapas NAAPS para el día 20 de diciembre, la concentración de polvo en la superficie se puede establecer que al sur y suroeste de la Península Ibérica se registran valores entre 20 y 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, que aumentan progresivamente a medida que transcurre el día.

El día 21 de diciembre se observa el incremento de la masa de polvo de origen sahariano que se extiende hacia el centro y noroeste de la Península Ibérica, registrando valores entre 20 y 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Al final del día se puede reportar entre 80 y 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ al sureste, 40 y 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ al suroeste y entre 20 y 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ al noroeste.

Al suroeste de la Península Ibérica, el día 22 de diciembre se comienza a presentar una disminución de la concentración que inicialmente registra entre 40 y 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, pero luego disminuye entre 20 y 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en algunas áreas. Aunque las masas de polvo se siguen extendiendo al noroeste con concentraciones inferiores a 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

El día 23 de diciembre continúa extendiéndose la masa de polvo africano al norte, noroeste y centro de la Península Ibérica, abarcando en horas de la tarde casi toda su extensión con registro de concentraciones que en general no superan los 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

En las primeras horas del 24 de diciembre se registran masas de polvo sahariano que no superan los 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; a medida que inicia el mediodía las concentraciones aumentan hasta alcanzar

Figura 1. Descripción de trayectorias durante un periodo de 24 horas para los días 20 a 26 de diciembre de 2007

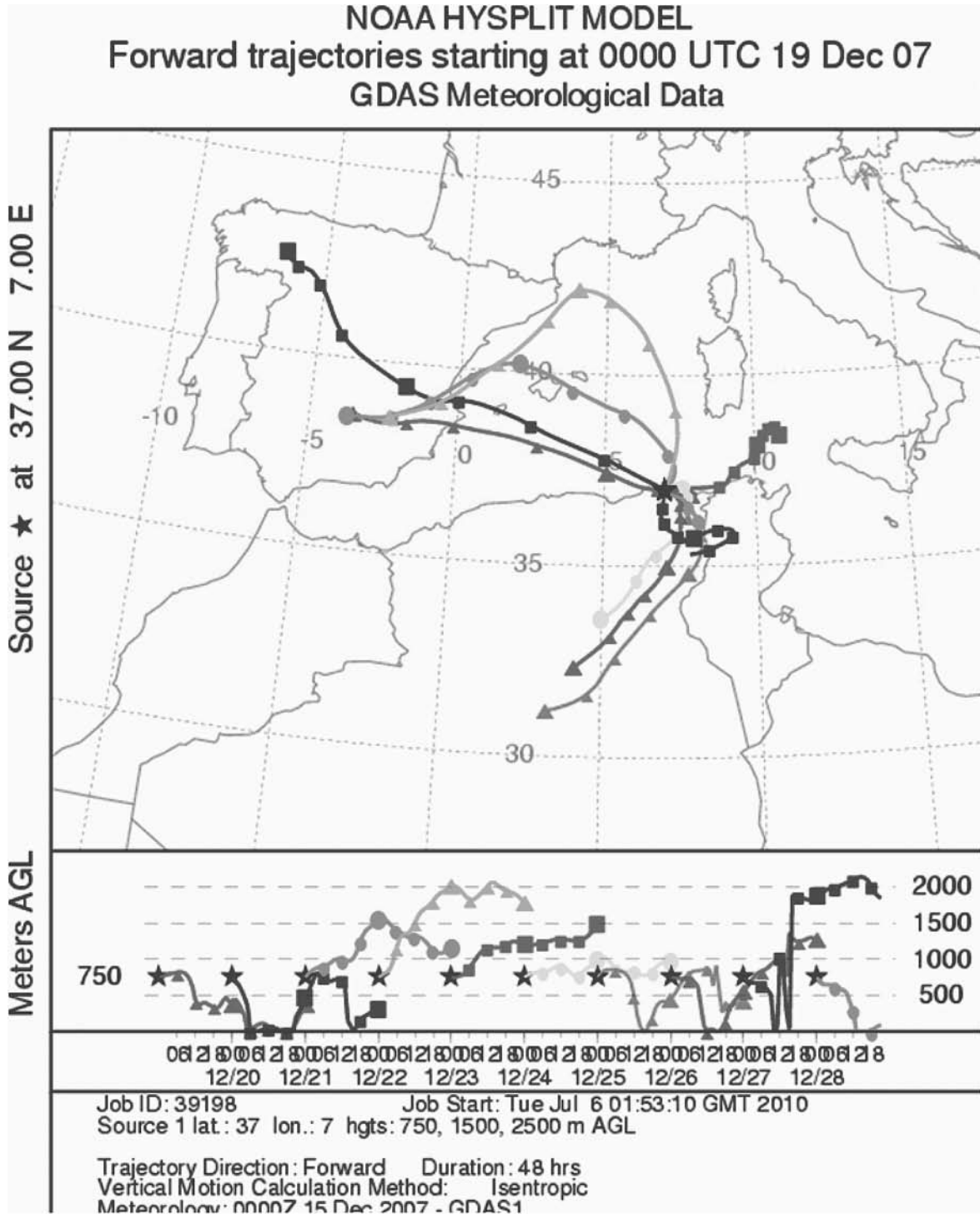
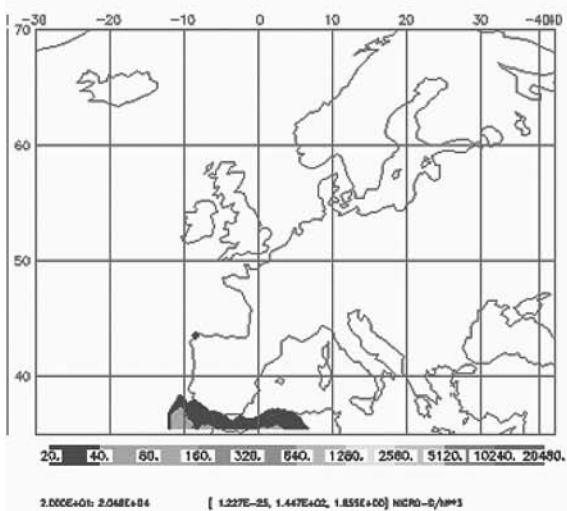
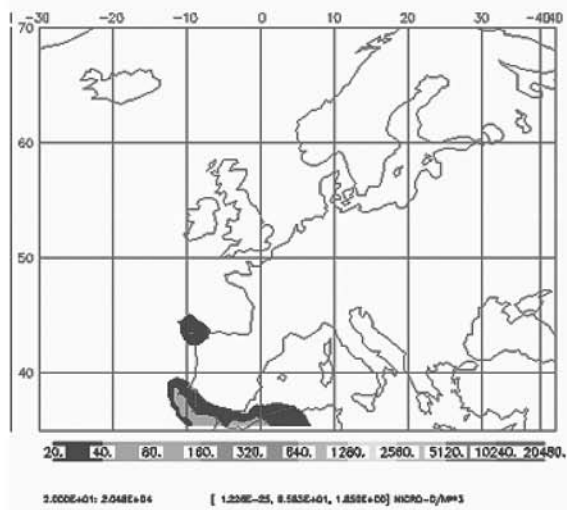


Figura 2. Concentración de polvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en la superficie el día 20 de diciembre de 2007

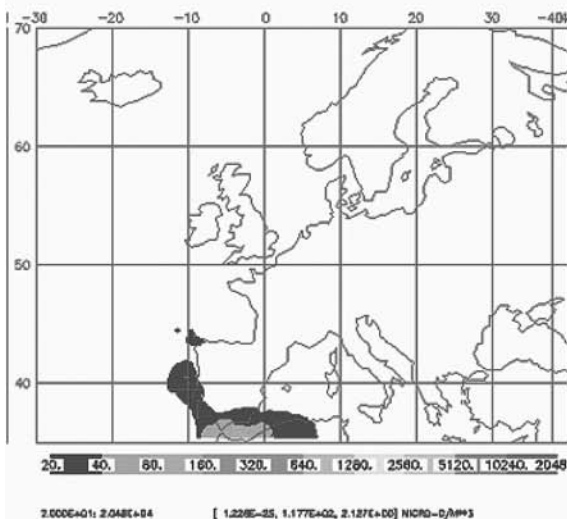
NAAPS Surface Concentration ($\mu\text{g}-\text{m}^{-3}$)
for 00:00Z 20 Dec 2007 Dust



NAAPS Surface Concentration ($\mu\text{g}-\text{m}^{-3}$)
for 06:00Z 20 Dec 2007 Dust



NAAPS Surface Concentration ($\mu\text{g}-\text{m}^{-3}$)
for 12:00Z 20 Dec 2007 Dust



NAAPS Surface Concentration ($\mu\text{g}-\text{m}^{-3}$)
for 18:00Z 20 Dec 2007 Dust

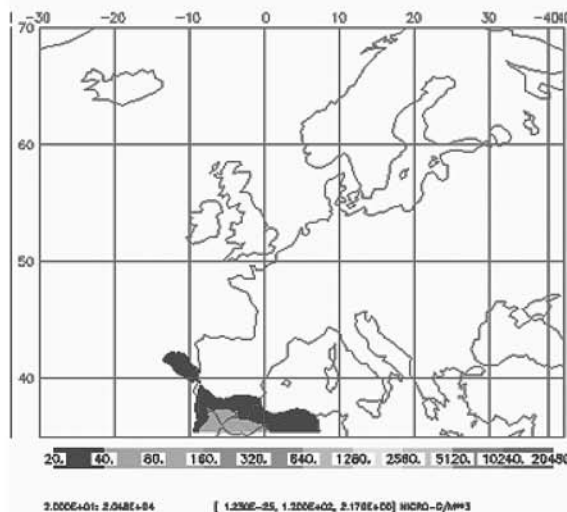


Figura 3. Concentración de polvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en la superficie el día 21 de diciembre de 2007

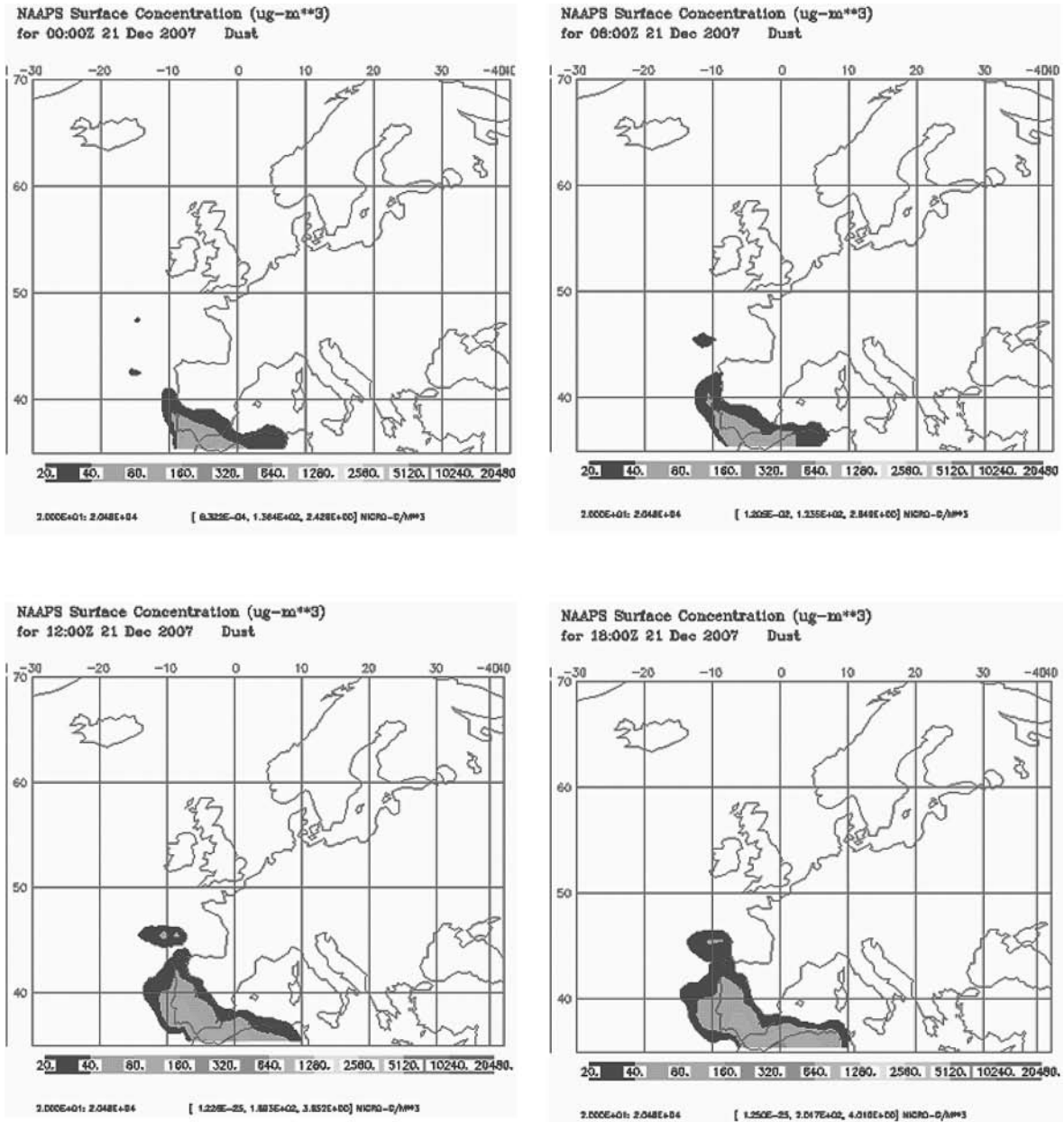
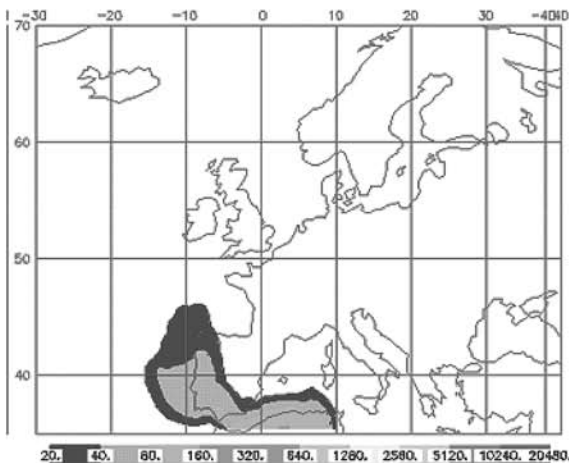




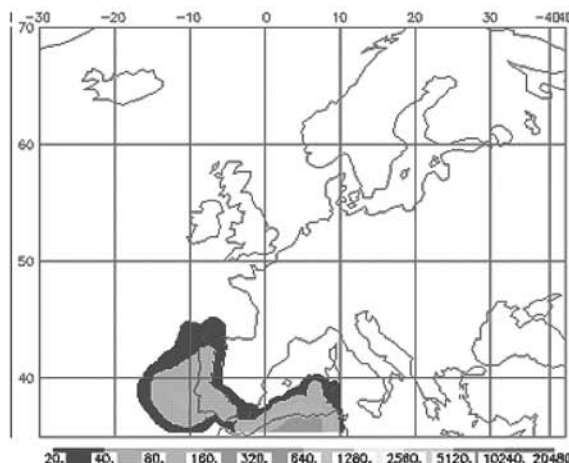
Figura 4. Concentración de polvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en la superficie el día 22 de diciembre de 2007

NAAPS Surface Concentration ($\mu\text{g}-\text{m}^{-3}$)
for 00:00Z 22 Dec 2007 Dust



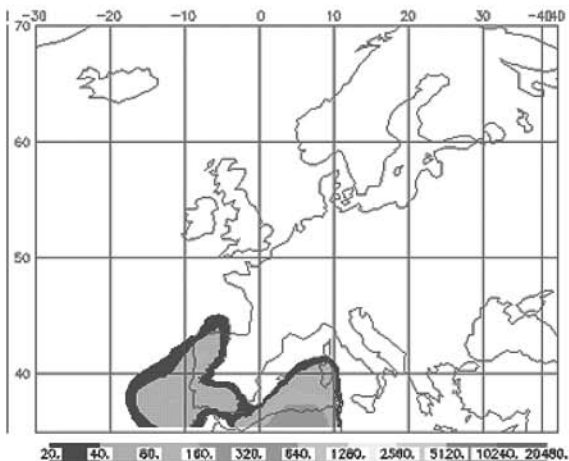
2.000E+01: 2.048E+04 [3.119E-02, 1.648E+02, 6.231E+00] MICRO-D/MP3

NAAPS Surface Concentration ($\mu\text{g}-\text{m}^{-3}$)
for 06:00Z 22 Dec 2007 Dust



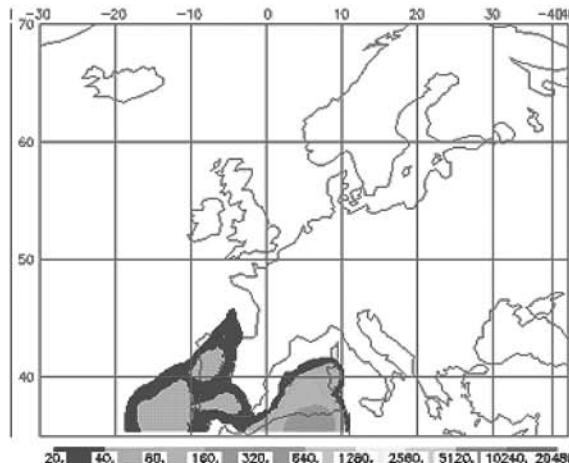
2.000E+01: 2.048E+04 [6.592E-02, 2.203E+02, 4.269E+00] MICRO-D/MP3

NAAPS Surface Concentration ($\mu\text{g}-\text{m}^{-3}$)
for 12:00Z 22 Dec 2007 Dust



2.000E+01: 2.048E+04 [5.163E-02, 4.948E+02, 8.298E+00] MICRO-D/MP3

NAAPS Surface Concentration ($\mu\text{g}-\text{m}^{-3}$)
for 18:00Z 22 Dec 2007 Dust



2.000E+01: 2.048E+04 [4.011E-02, 5.021E+02, 5.944E+00] MICRO-D/MP3

Figura 5. Concentración de polvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en la superficie el día 23 de diciembre de 2007

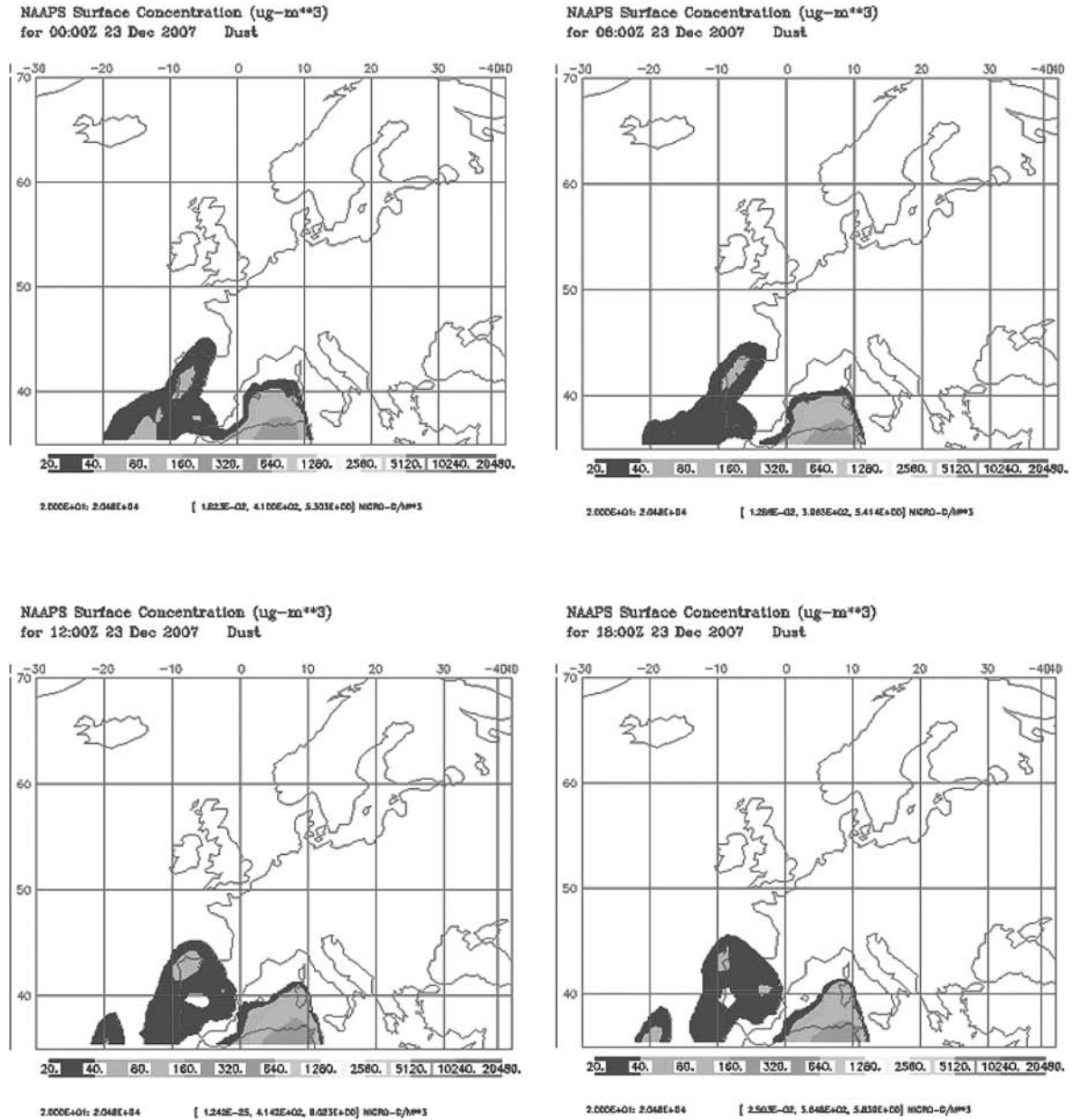
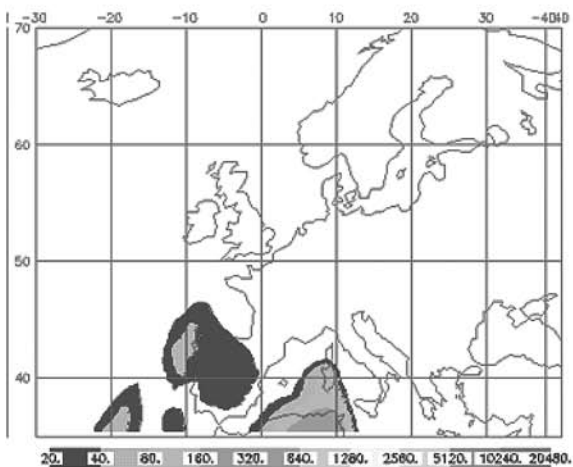


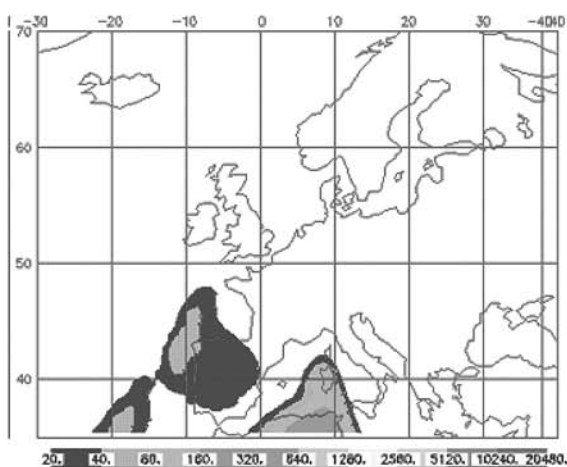
Figura 6. Concentración de polvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en la superficie el día 24 de diciembre de 2007

NAAPS Surface Concentration ($\mu\text{g}-\text{m}^{-3}$)
for 00:00Z 24 Dec 2007 Dust



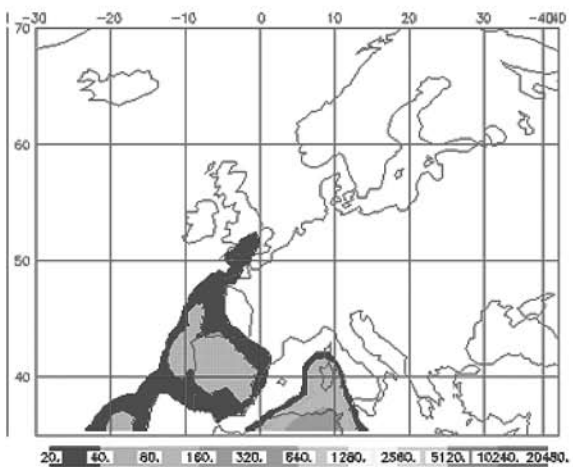
2.000E+01; 2.048E+04 [1.259E-02, 3.327E+02, 5.989E+00] MICRO-D/PM10

NAAPS Surface Concentration ($\mu\text{g}-\text{m}^{-3}$)
for 06:00Z 24 Dec 2007 Dust



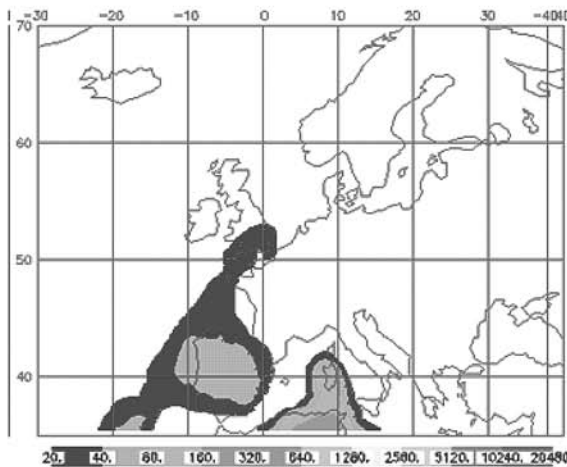
2.000E+01; 2.048E+04 [2.320E-02, 3.147E+02, 8.271E+00] MICRO-D/PM10

NAAPS Surface Concentration ($\mu\text{g}-\text{m}^{-3}$)
for 12:00Z 24 Dec 2007 Dust



2.000E+01; 2.048E+04 [2.037E-02, 2.783E+02, 8.657E+00] MICRO-D/PM10

NAAPS Surface Concentration ($\mu\text{g}-\text{m}^{-3}$)
for 18:00Z 24 Dec 2007 Dust



2.000E+01; 2.048E+04 [3.725E-02, 2.283E+02, 8.831E+00] MICRO-D/PM10

Figura 7. Concentración de polvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en la superficie el día 25 de diciembre de 2007

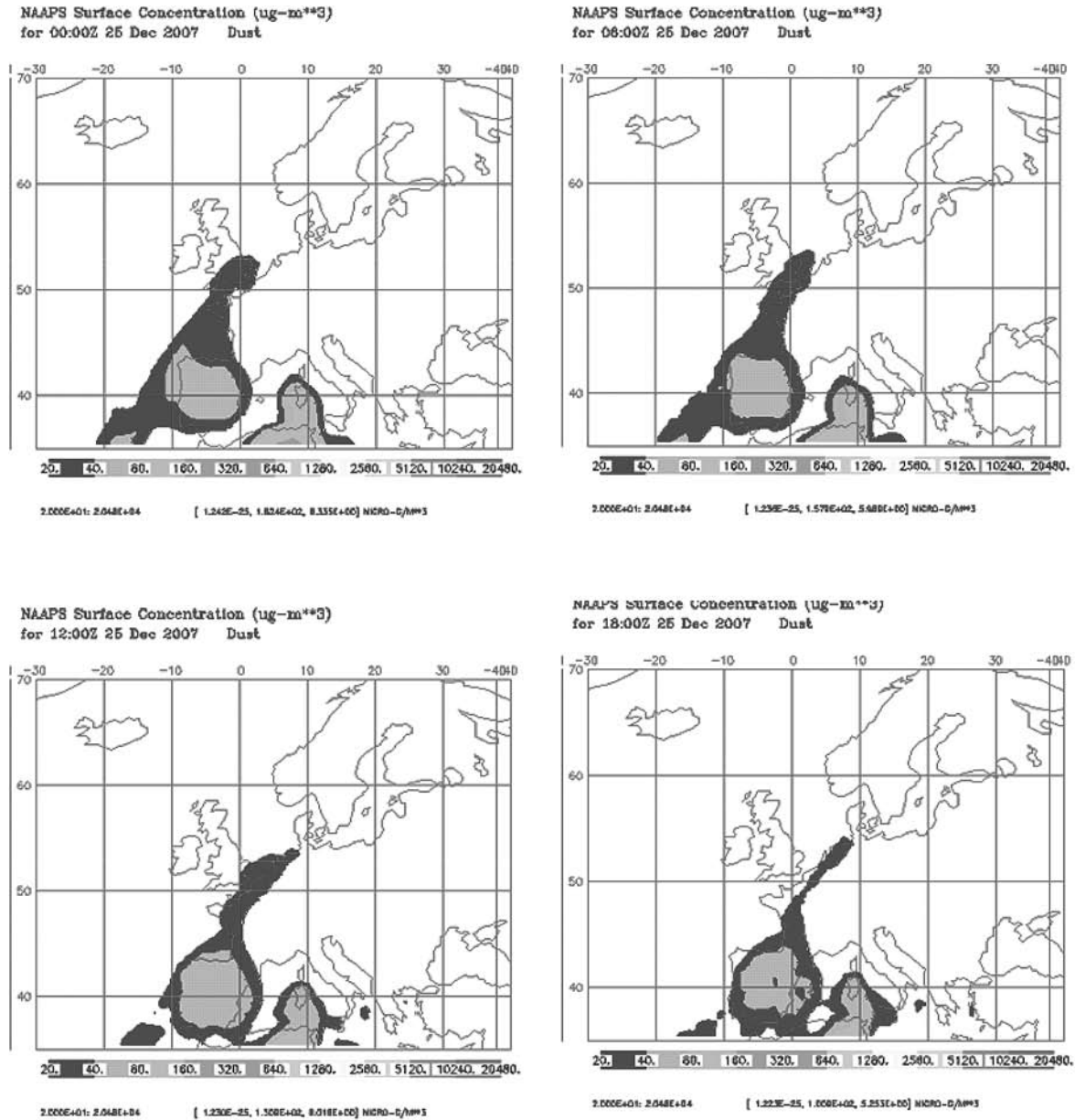
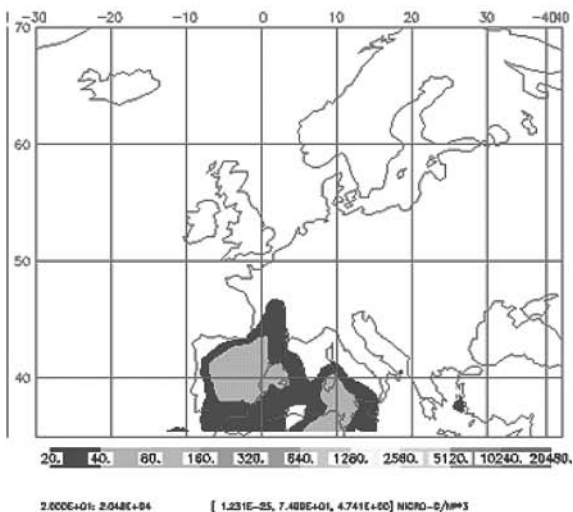
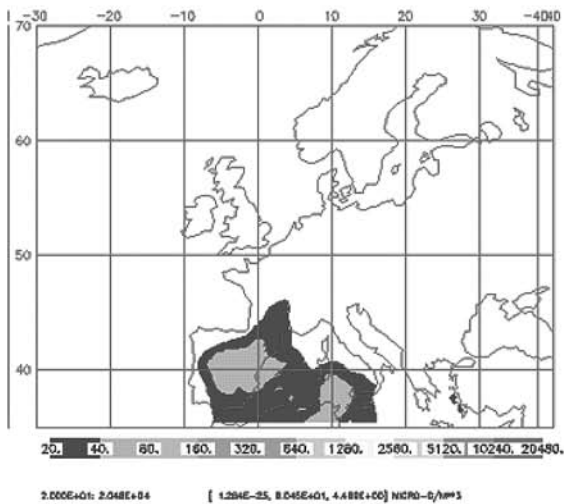


Figura 8. Concentración de polvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en la superficie el día 26 de diciembre de 2007

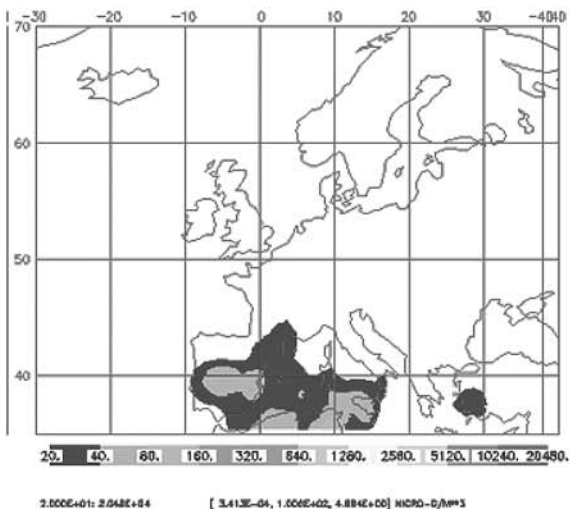
NAAPS Surface Concentration ($\mu\text{g}-\text{m}^{-3}$)
for 00:00Z 26 Dec 2007 Dust



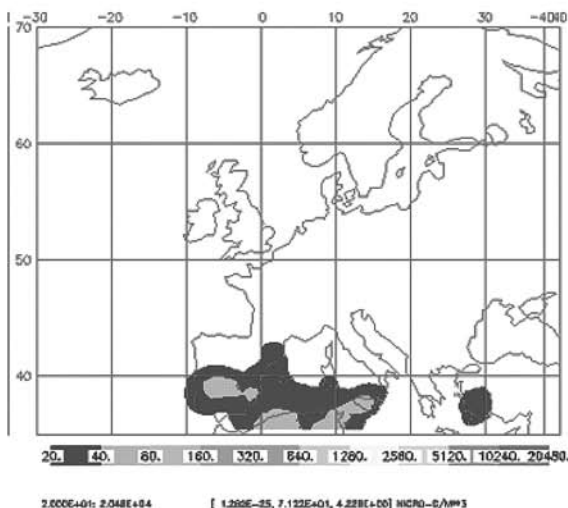
NAAPS Surface Concentration ($\mu\text{g}-\text{m}^{-3}$)
for 06:00Z 26 Dec 2007 Dust



NAAPS Surface Concentration ($\mu\text{g}-\text{m}^{-3}$)
for 12:00Z 26 Dec 2007 Dust



NAAPS Surface Concentration ($\mu\text{g}-\text{m}^{-3}$)
for 18:00Z 26 Dec 2007 Dust



valores de aproximadamente $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el centro, norte y oeste de la Península Ibérica, y manteniendo concentraciones de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ hacia el sur.

El 25 de diciembre continúa extendiéndose la masa de polvo sahariano por toda la Península Ibérica, con concentraciones aproximadas a $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Esta masa logra alcanzar el sur del Reino Unido, la Bahía de Vizcaya y el Canal de La Mancha, y al final del día el norte de Francia, Bélgica y Holanda, con concentraciones que no superan los $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Finalmente, el 26 de diciembre la masa de polvo africano comienza a retraerse, disminuyendo su expansión y retrocediendo hasta la Península Ibérica con concentraciones menores a $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y al suroeste de Francia con valores máximos de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

A partir de las imágenes de DREAM (Dust Regional Atmospheric Model) en la División de Ciencias de la Tierra de BSC (Barcelona Supercomputing Center) se pueden encontrar las predicciones del ciclo de vida en la atmósfera del polvo sahariano que se presentan en las Figuras 9 a 15.

El día 20 de diciembre se registran concentraciones de polvo de hasta $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el noroeste de la Península Ibérica, mientras que en el resto del territorio es posible encontrar valores de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, acompañadas en el sur con algunas precipitaciones y el efecto de bajas presiones.

Las imágenes del día 21 de diciembre muestran concentraciones entre $80\text{-}320 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de polvo en el suroeste y sur de la Península Ibérica, mientras que en el resto del territorio se encuentran valores por debajo de los $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que a medida que pasa el día comienzan a registrar una disminución.

El 22 de diciembre las concentraciones de polvo en el sur y suroeste de la Península Ibérica han disminuido hasta $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$; se han distribuido las

masas de polvo al centro, oeste, norte y este del territorio alcanzando valores de hasta $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en las Islas Baleares.

El 23 y 24 de diciembre se continúa extendiendo la masa de polvo por el mar Mediterráneo, sur de Francia y Bahía de Vizcaya con concentraciones de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$; para el 25 de diciembre comienza a disminuir la concentración de polvo en la superficie con valores que en general no superan los $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y finalmente, el 26 de diciembre la concentración de polvo en la Península Ibérica, registra valores de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el centro, suroeste, este, norte y centro del territorio; mientras que al sur y suroeste se mantienen registros que no superan los $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

A partir de los datos obtenidos en las estaciones de monitoreo ubicadas en la provincia de Huelva y seleccionadas para este estudio se calculan las medias horarias en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de los datos de contaminantes criterio que fueron descargados de la página de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, luego de su validación.

En la Figura 16 se tienen las medias diarias de PM10 en el mes de diciembre de 2007 a partir de registros de media horaria con valores pico en SJP que alcanzan $95.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y en la estación TIT con $70.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ambos a las 20:00 horas, siendo la estación CAM para el día 21 de diciembre de 2007 la que reporta la máxima media horaria para PM10 correspondiente a $162.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Se identifica para la fecha del episodio estudiado los picos de media diaria en la mayoría de las estaciones, haciendo especial énfasis en los días 20 al 22 de diciembre, como se relaciona a continuación: i) PAL: $114.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ el día 20 de diciembre de 2007, ii) ORD: $107.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ el día 21 de diciembre de 2007, iii) TIT: $150.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ el día 21 de diciembre de 2007, iv) SJP: $139.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ el día 21 de diciembre de 2007, v) CAM: $162.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ el día 21 de diciembre de 2007, vi) RAB: $156.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ el día 21 de diciembre de 2007, vii) MOG: $115.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ el día 21 de diciembre de 2007, viii) DOÑ: $126.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ el día 22 de diciembre de 2007, y ix) ROS: $106.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ el día 22 de diciembre de 2007.



Figura 9. Imágenes satelitales DREAM-BSC del 20 de diciembre de 2007

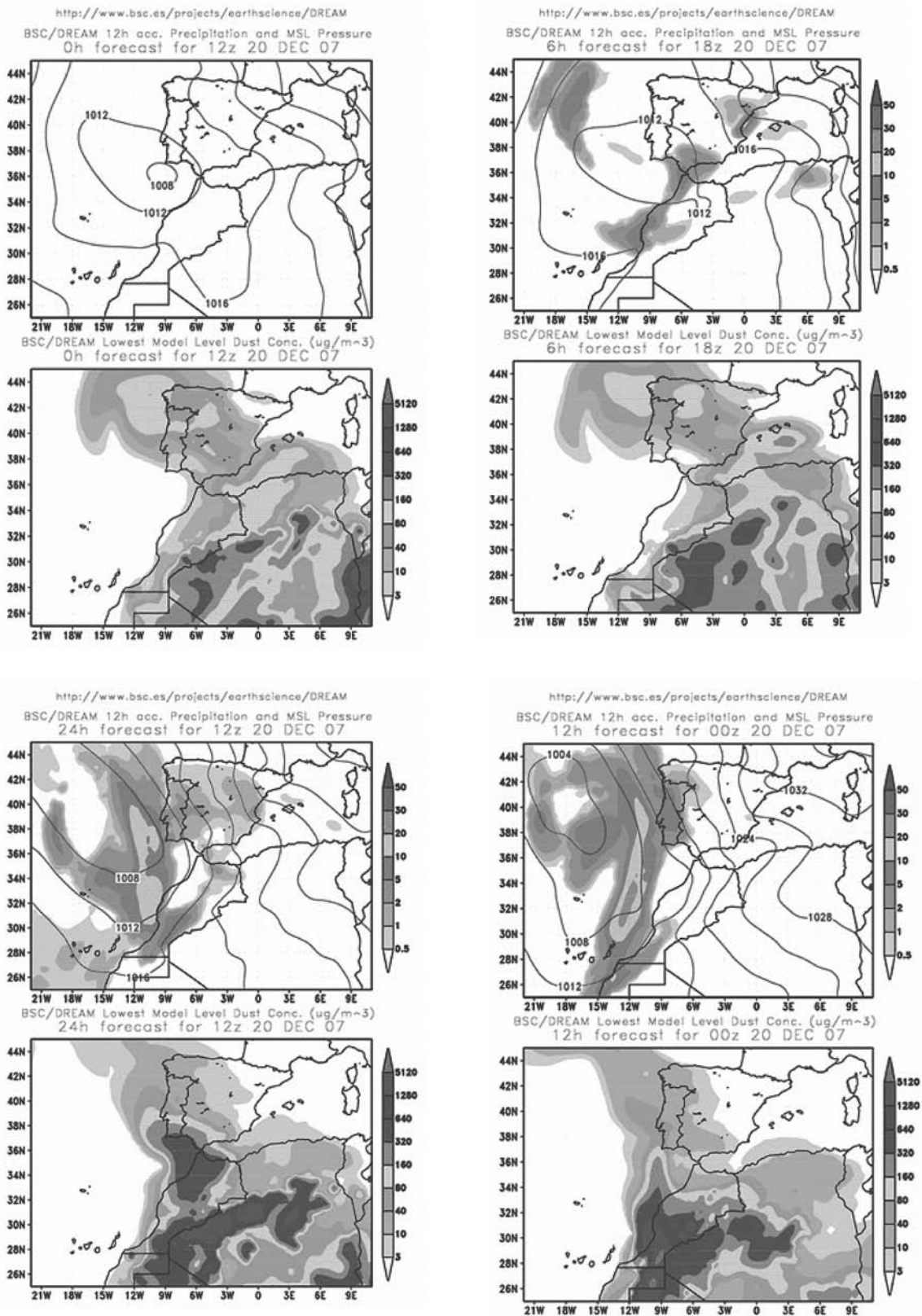


Figura 10. Imágenes satelitales DREAM-BSC del 21 de diciembre de 2007

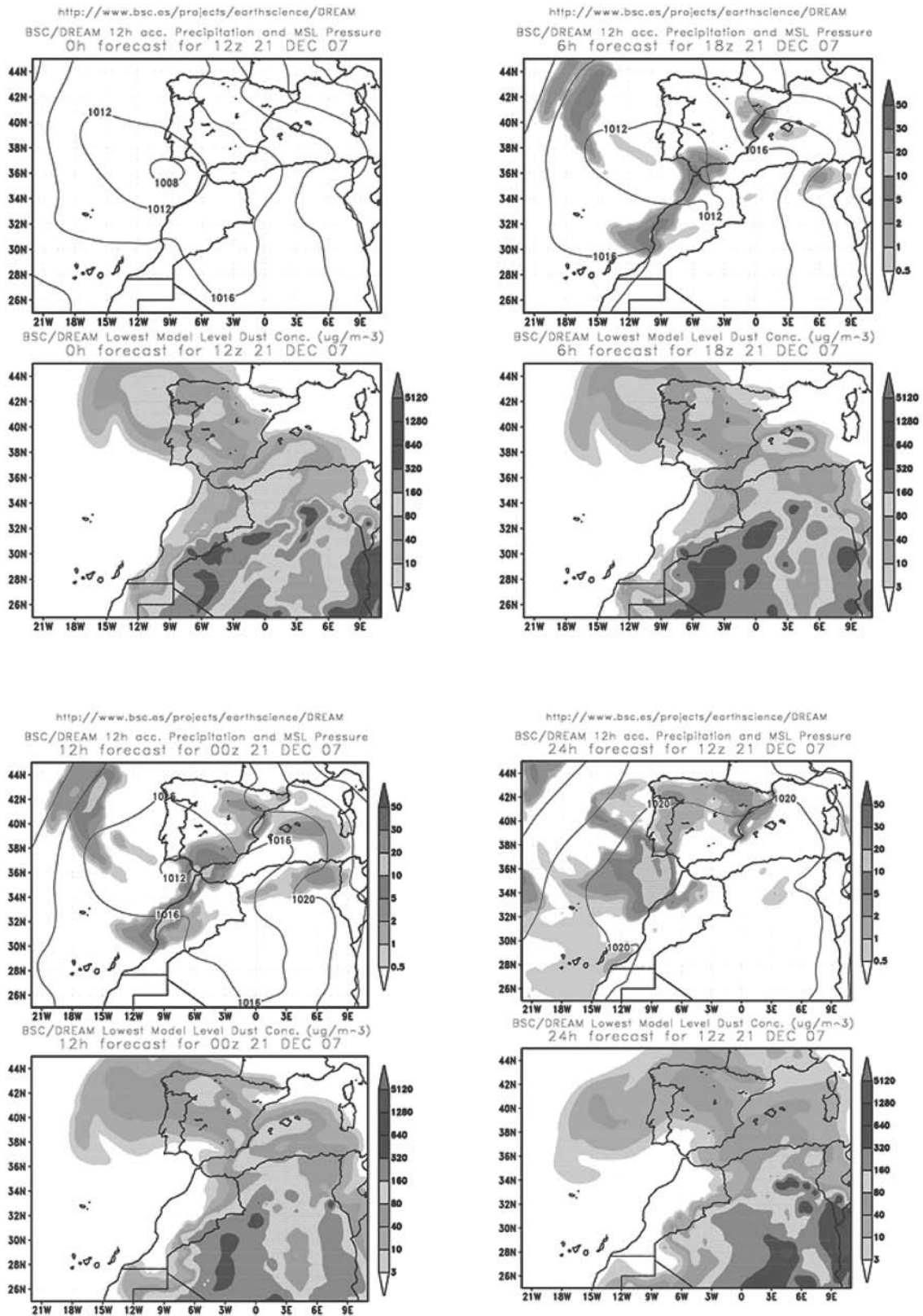


Figura II. Imágenes satelitales DREAM-BSC del 22 de diciembre de 2007

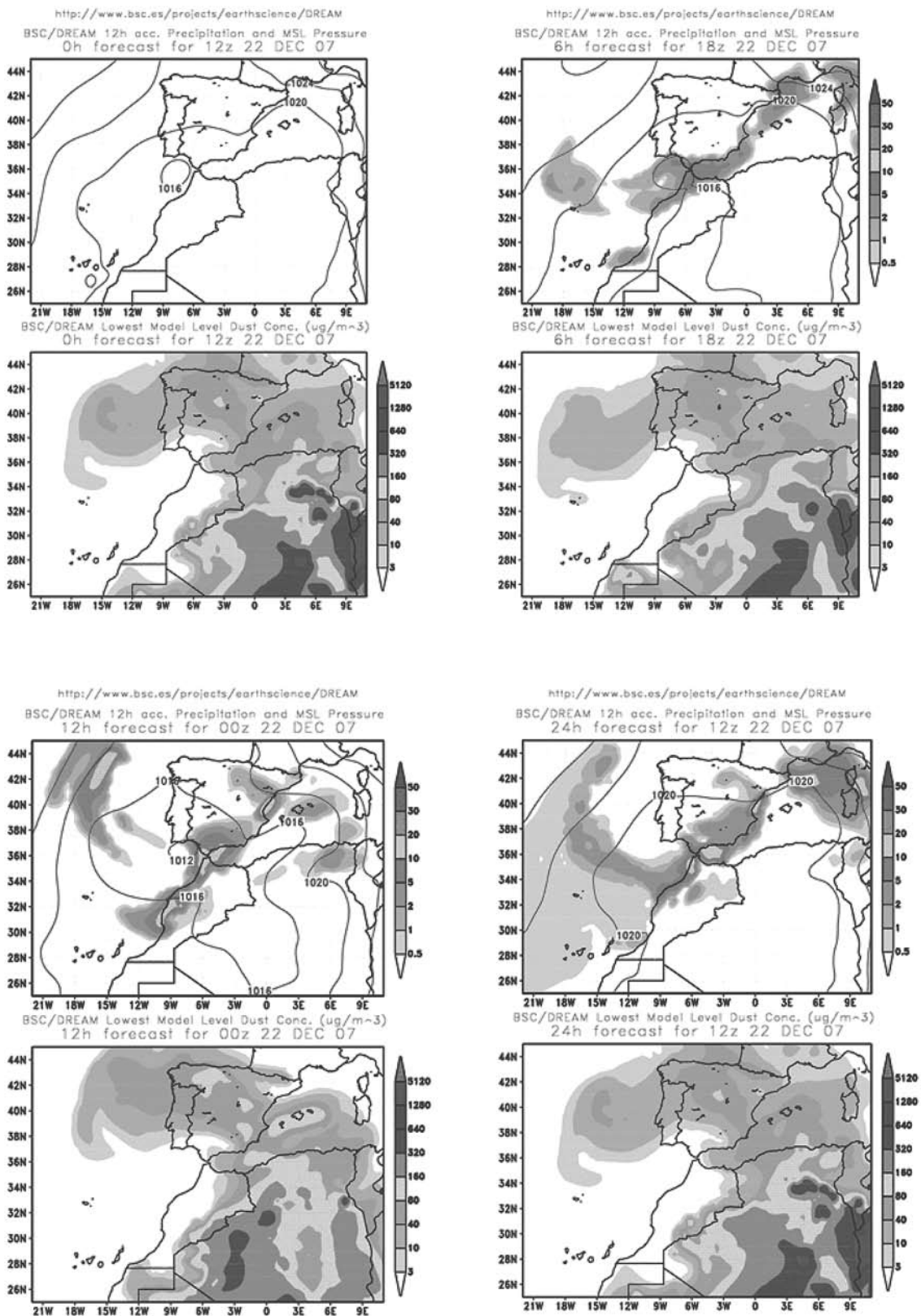


Figura 12. Imágenes satelitales DREAM-BSC del 23 de diciembre de 2007

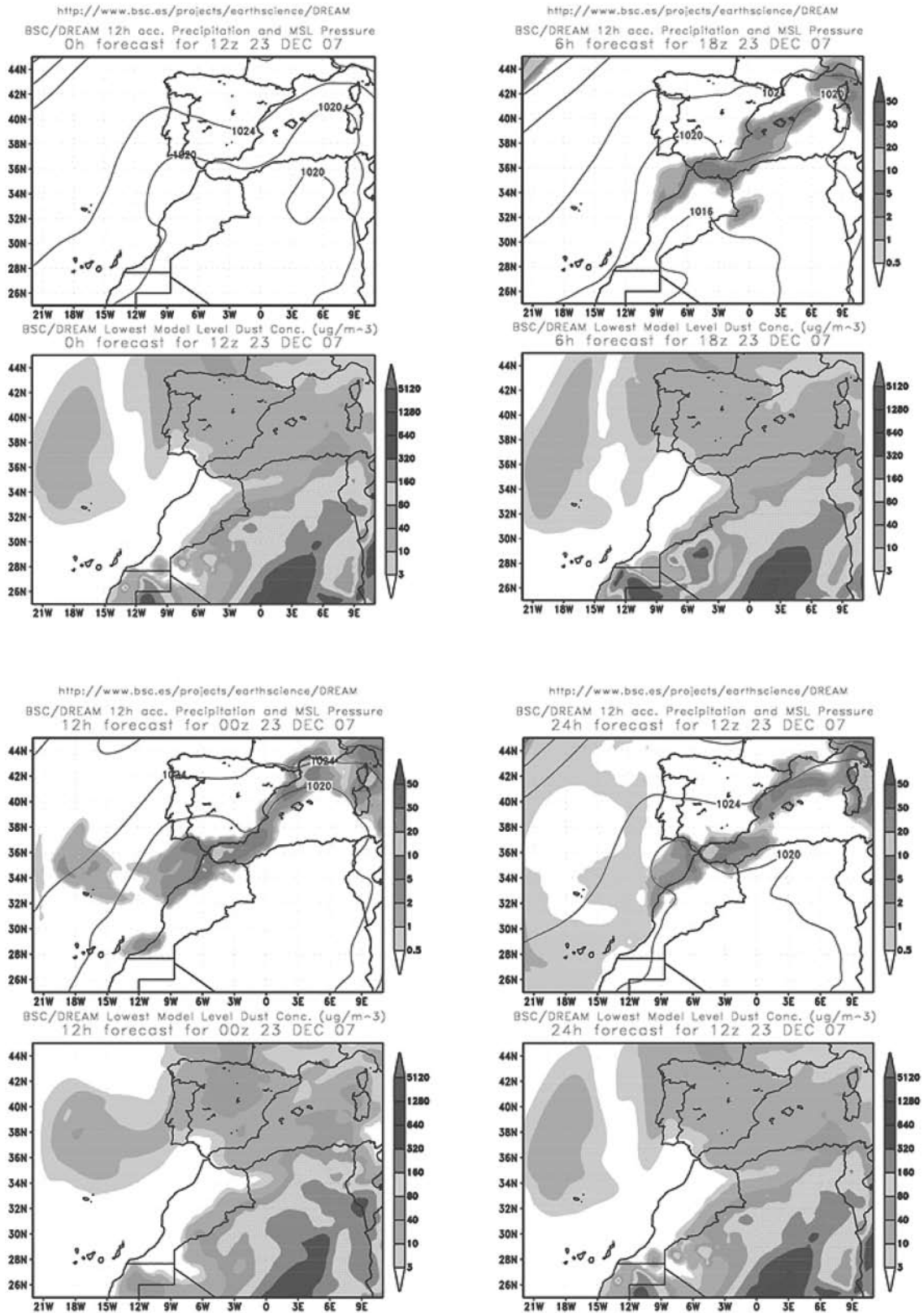


Figura 13. Imágenes satelitales DREAM-BSC del 24 de diciembre de 2007

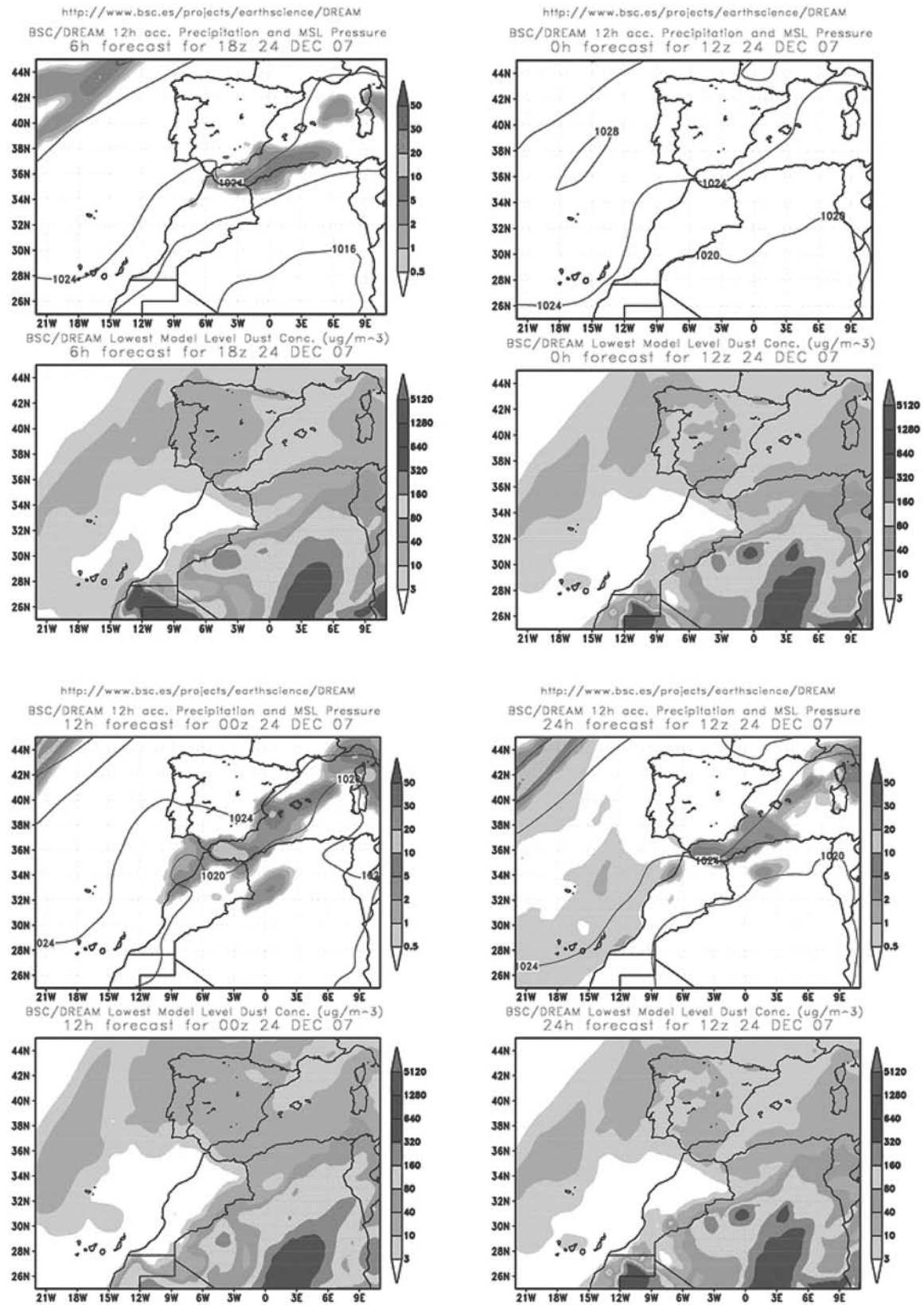


Figura 14. Imágenes satelitales DREAM-BSC del 25 de diciembre de 2007

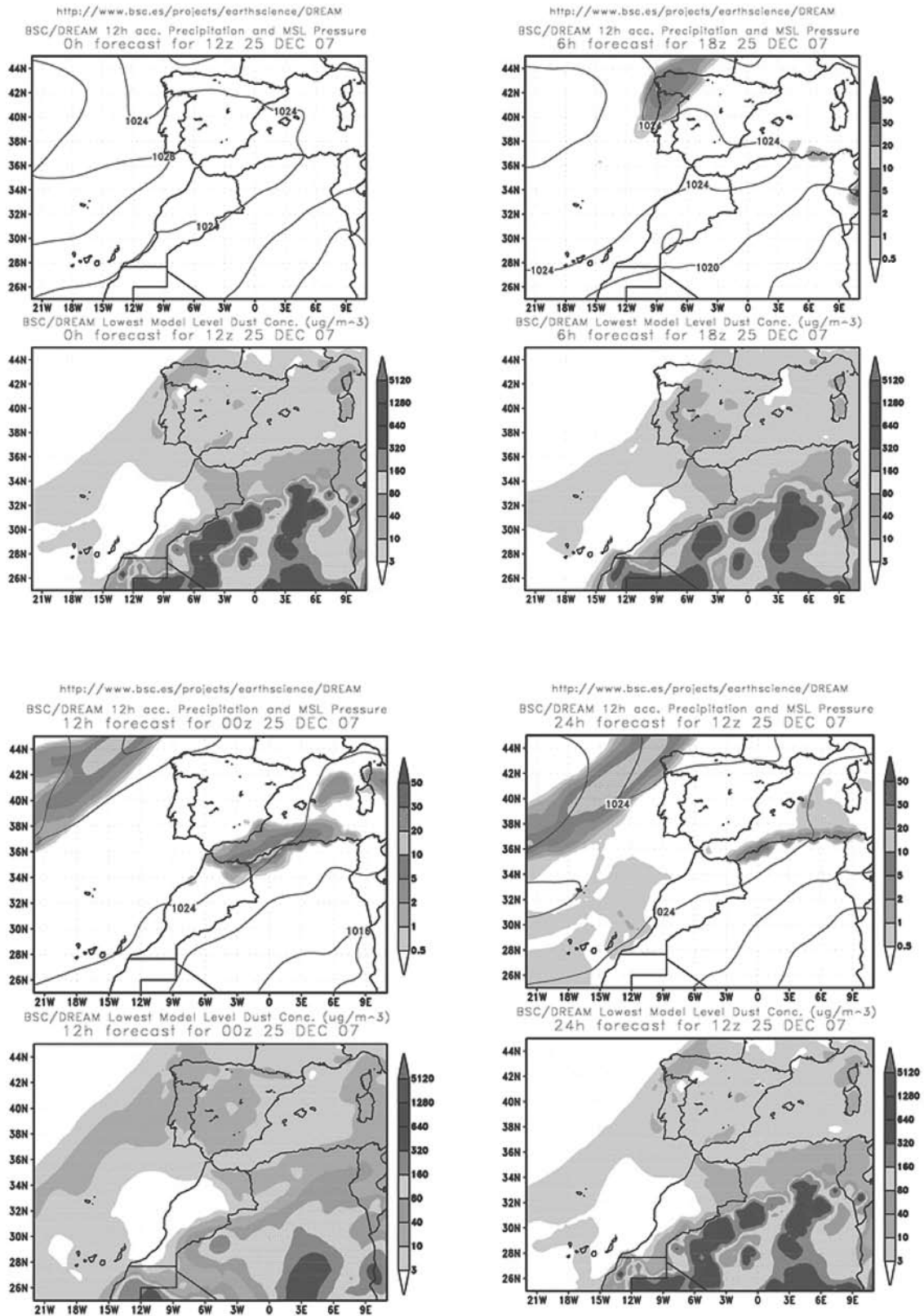


Figura 15. Imágenes satelitales DREAM-BSC del 26 de diciembre de 2007

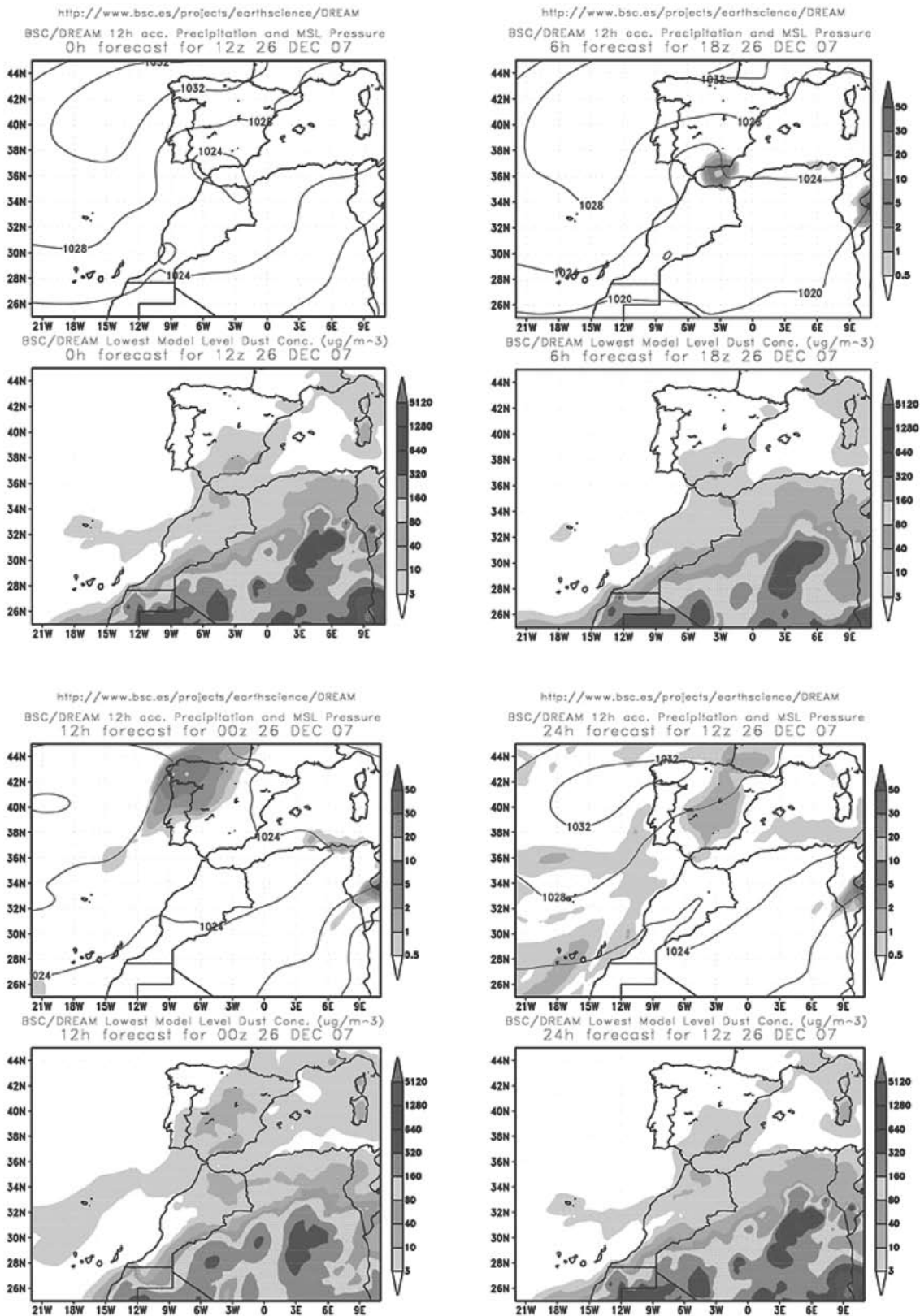
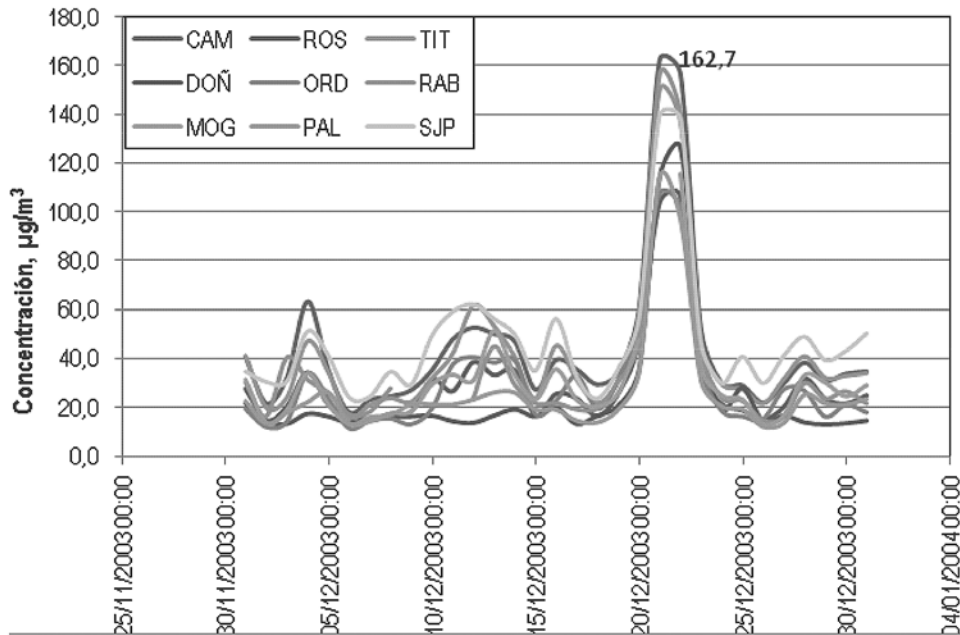


Figura 16. Medias diarias de PM-10 en diciembre de 2007
Medias diarias de PM-10



La Directiva 1999/30/CE del Consejo del 22 de abril de 1999 relacionadas con partículas en el aire ambiente establece que el valor límite diario para la protección de la salud humana en 24 horas de monitoreo equivale a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Igualmente en la Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo del 21 de mayo de 2008, relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa, se establece $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ que no podrá ser superado más de 35 veces por año civil. Por tanto, los valores obtenidos de media diaria de PM-10 entre el 20 y 26 de diciembre de 2007, superan el valor límite establecido en la normativa vigente correspondiente a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en todas las estaciones seleccionadas.

CONCLUSIONES

Las medias diarias obtenidas para el mes de diciembre de 2007 permiten identificar la ocurrencia de un episodio que generó altos registros de PM-10 en todas las estaciones de monitoreo seleccionadas en la provincia de Huelva, con es-

pecial atención en los días 20 a 26 de diciembre. Los valores muestran la superación de los $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ establecidos en la normativa vigente, y además presentan a la estación PAL como la primera en donde se identificó el primer pico de media diaria, y por tanto sugiriendo que fue la estación que recibió la influencia inicial del evento.

A partir de los mapas NAAPS se puede estudiar en forma gráfica la evolución de la concentración de polvo sahariano en la superficie de la Península Ibérica y sus alrededores, para contrastar esta información con los valores máximos de PM-10 obtenidos en las estaciones de monitoreo durante el mes de diciembre de 2007. Es posible afirmar que la concentración de polvo sahariano en la superficie no supera los $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durante el periodo que ocurre el episodio, pero este valor resulta lo suficientemente alto para registrar medias diarias que comparadas con la normativa vigente registran el no cumplimiento de esta.

Otras imágenes de utilidad en el estudio de eventos de intrusión de polvo sahariano son las



DREAM-BSC, que alcanzan a identificar concentraciones de polvo de hasta $320 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la Península Ibérica y presentan además registros de deposición húmeda y seca, precipitaciones y visibilidad, entre otros parámetros.

Los episodios de intrusión de polvo sahariano se han convertido en los últimos años en tema de interés de la comunidad científica de Europa, dada su incidencia en los aspectos relacionados a la calidad del aire ambiente y la posibilidad de generar sobreestimación en los datos obtenidos en las estaciones de monitoreo que realizan la medición de parámetros relacionados con las

partículas suspendidas (PM-10).

AGRADECIMIENTOS

La autora expresa sus agradecimientos a la NOAA Air Resources Laboratory (ARL) por la prestación del modelo de transporte y dispersión HYSPLIT 4, así como al portal Web SPAIN HYSPLIT (<http://www.ciecem.uhu.es/hysplit>) de la Universidad de Huelva (España) utilizados en esta publicación. Asimismo a la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, por la disponibilidad de los datos de las estaciones de monitoreo de la calidad del aire.



BIBLIOGRAFÍA

ÁVILA, A.; QUERALT-MITJANS, I. and ALARCÓN, M. (1997). Mineralogical composition of African dust delivered by red rains over northeastern Spain, *J. Geophys. Res.*, 102(D18), 21,977-21,996.

CALLOT, Y.; MARTICORENA, B.; BERGAMETTI, G. (2000). Geomorphologic approach for modelling the surface features of arid environments in a model of dust emissions: Application to the Sahara desert. *Geodinámica Acta*, 13(5), 245-270.

Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/web/>

D'ALMEIDA, G. A. (1987). En: Leinen, M.; Sarnthein, M. Eds. *Paleoclimatology and Paleometeorology: Modern and Past Patterns of Global Atmospheric Transport*. NATO ASI Series, C, 282, 311-338.

DRAXLER, R. R. and ROLPH, G. D. (2003). HYSPLIT (HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory) Model access via NOAA ARL READY Website (<http://www.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php>). NOAA Air Resources Laboratory, Silver Spring, MD.

DREAM-BSC http://www.bsc.es/plantillaH.php?cat_id=321.

HYSPLIT 4. http://www.ciecem.uhu.es/hysplitweb08/HYSPLIT_traj.php

Navy-USA NRL NAAPS (Navy Aerosol Analysis and Prediction System) <http://www.nrlmry.navy.mil/aerosol/>

PRÓSPERO, J. M. (1999). Long-term measurements of the transport of African mineral dust to the southeastern United States: Implications for regional air quality. *Journal of Geophysical Research*, 104, 15917-15927.

QUEROL, X.; ALASTUEY, A.; DE LA ROSA, J.; SÁNCHEZ, A.; PLANA, F.; RUIZ, C. (2002). Source apportionment analysis of atmospheric particulates in an industrialised urban site in southwestern Spain. *Atmospheric Environment*, 36, 3113-3125.

RODRÍGUEZ, S.; QUEROL, X.; ALASTUEY, A.; KALLOS, G.; KAKALIAGOU, O. (2001). Saharan dust contributions to PM10 and TSP levels in Southern and Eastern Spain. *Atmospheric Environment*, 35, 2433-2447.

SÁNCHEZ, A. M.; DE LA ROSA, J.; QUEROL, X.; ALASTUEY, A. (2005). Impacto y mineralogía del material particulado atmosférico de origen norteafricano en Andalucía Occidental. *Geogaceta*, 37, 151-154.

SWAP, R.; ULANSKI, S.; COBBETT, M. and GARSTANG, M. (1996). Temporal and spatial characteristics of Saharan dust outbreaks, *J. Geophys. Res.*, 101, 4205-4220.

