

PM₁₀ y PM_{2,5} en A Coruña en 2014 y la influencia del aerosol marino

Superaciones del VLD en la estación 15030027 – Torre de Hércules (A Coruña). Año 2014



ÍNDICE

1. Introducción	Pág. 1
2. Características de A Coruña	Pág. 3
3. Estaciones de Calidad del Aire en A Coruña	Pág. 4
4. Datos de PM ₁₀ en A Coruña en 2014	Pág. 8
5. Antecedentes	Pág. 10
6. Comprobación de la veracidad de los datos y búsqueda de causas	Pág. 13
7. Comprobación de la hipótesis:	Pág. 18
7.1. Análisis de los datos de PM	Pág. 18
7.2. Análisis de la concentración de PM ₁₀ en función de la dirección del viento	Pág. 21
7.3. Análisis de la concentración de PM ₁₀ con respecto a la altura de las olas	Pág. 26
7.4. Análisis del agua de lluvia en Torre de Hércules y en Riazaor	Pág. 28
8. Metodología para la determinación de la contribución de la sal marina en la fracción PM ₁₀ de la materia particulada	Pág. 34
8.1. Introducción	Pág. 34
8.2. Principios fundamentales	Pág. 35
8.3. Fuentes naturales elegibles	Pág. 38
8.4. Metodología de descuento de las contribuciones de fuentes naturales	Pág. 39
8.5. Superaciones medidas y modelizadas	Pág. 45
8.6. Documentación e informes	Pág. 46
9. Demostración de la contribución del aerosol marino a las superaciones del VLd de PM ₁₀ en A Coruña en 2014	Pág. 47
9.1. Instalación de captadores gravimétricos de PM	Pág. 47
9.2. Resultados de la gravimetría: Diciembre 2014	Pág. 49
9.3. Análisis de la concentración de Na ⁺ en los filtros	Pág. 55
9.4. Cálculo de la concentración de sal marina	Pág. 58
10. Descripción de los episodios de superación del Valor Límite diario de PM ₁₀ en Torre de Hércules en 2014	Pág. 65
11. Conclusiones y plan de trabajo para 2015	Pág. 207
12. Anexos	Pág. 209



1. INTRODUCCIÓN

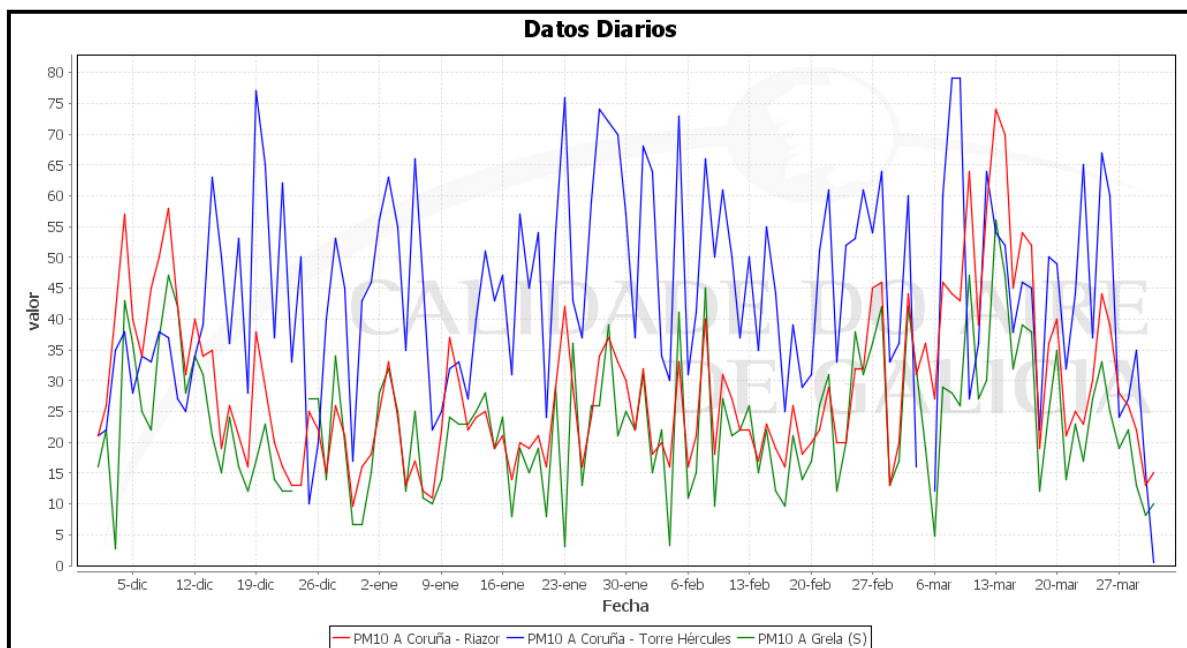
Desde el mes de diciembre de 2013 y durante el primer trimestre de 2014, se registraron valores muy elevados de PM₁₀ en la estación urbana de fondo de Torre de Hércules, 15030027, en A Coruña. Esta circunstancia, que coincidió en el tiempo con un encadenamiento de borrascas atlánticas infrecuente, provocó que al final de marzo de 2014, se hubieran contabilizado 37 superaciones del valor límite diario de PM₁₀.

La estación Torre de Hércules junto con las estaciones A Grela y Riazor, cuyos códigos se muestran en la Tabla 1, evalúa la calidad del aire en la zona ES1201, coincidente con el municipio de A Coruña, ya que según el artículo 5 de la Ley 8/2002, de protección del medio atmosférico de Galicia, se define aglomeración como el área con una concentración de población de más de 50.000 habitantes.

	Eol station code	Local station code	Zone code(s)
RIAZOR	ES1138A	15030001	ES1201
A GRELA	ES1798A	15030021	ES1201
TORRE DE HÉRCULES	ES1957A	15030027	ES1201

Tabla 1. Códigos EoI, local y código de zona de las estaciones de calidad del aire en A Coruña

En la Gráfica 1 mostramos los datos diarios de PM₁₀ registrados en las tres estaciones de calidad del aire de A Coruña durante el periodo 01/12/2013-31/03/2014. Podemos observar que las medias diarias registradas en la estación Torre de Hércules (en azul) son superiores en prácticamente todas las ocasiones a las registradas en Riazor (en rojo) y A Grela (en verde). Además vemos que A Grela y Riazor siguen la misma evolución, registrando prácticamente las mismas concentraciones, mientras que Torre de Hércules tiene un comportamiento diferente.



Gráfica 1. Concentración media diaria de PM₁₀ entre 01/12/2013 y 31/03/2014 en las estaciones Torre de Hércules, Riazor y A Grela, en A Coruña.

Estos sucesos motivaron la realización del trabajo que se presenta a continuación. En un primer momento, estuvo centrado en la búsqueda de las causas de las superaciones del valor límite diarios de PM₁₀ en A Coruña y una vez encontradas, se planteó el objetivo explícito de dar cumplimiento al artículo 20 de la Directiva 2008/50/CE. De este modo, con el presente informe se pretende, facilitar información acerca de las concentraciones y las fuentes y las pruebas que demuestren que, en la zona ES1201 (A Coruña), las superaciones del valor límite diario de PM₁₀ en más ocasiones de las 35 permitidas a lo largo del año en 2014, son atribuibles a fuentes naturales, por lo que esta superación del valor límite legislado no se debe considerar como tal a los efectos de la mencionada Directiva.

El organismo designado en virtud del artículo 3 de la Directiva 2008/50/CE para la evaluación de la calidad del aire ambiente, en la zona ES1201 (A Coruña), afectada por la superación del VLd de PM₁₀ en 2014 es, según el Decreto 44/2012, de 19 de junio, por el que establece la estructura orgánica de la Consellería de Medio Ambiente, Territorio e Infraestructuras, la Secretaría Xeral de Calidade e Avaliación Ambiental, que asigna a la Subdirección Xeral de Meteoroloxía e Investigación entre otras, las funciones de control de las redes de calidad del aire y del Registro Gallego de Emisiones y fuentes contaminantes.



2. CARACTERÍSTICAS DE A CORUÑA

A Coruña, ciudad capital de la provincia homónima, es un puerto histórico situado en la costa noroeste de la península ibérica, en las Rías Altas. El centro de la ciudad se extiende sobre una península unida a tierra firme por un estrecho istmo, por lo que presenta dos fachadas marítimas distintas: la portuaria (hacia la ría de A Coruña) y otra de mar abierto, hacia la Ensenada del Orzán, y sobre la que se extienden las principales playas urbanas (Riazor y Orzán).



Imagen 1. Vista aérea de A Coruña.

El municipio de A Coruña tiene una población de 244.810 habitantes (INE 2014), el segundo de Galicia tras Vigo. No obstante, la ciudad, con 221.988 habitantes, constituye el núcleo urbano más poblado de Galicia. Alrededor de la ciudad se ha desarrollado el área metropolitana homónima por los municipios vecinos que, junto a la cercana área metropolitana de Ferrol, forma una conurbación de 655.251 habitantes que aglutina a algo más de la mitad de la población total de la provincia.

Su densidad de población es la mayor de Galicia y de las más altas de España (6471,32 hab/km²), ya que el término municipal cuenta con una extensión de 37,83 km². Una buena parte de la superficie dedicada a la actividad industrial se ha ubicado en el limítrofe municipio de Arteixo, uno de los más industrializados de Galicia. De este modo, está centrada mayoritariamente en el sector servicios. Su sector secundario se concentra fundamentalmente en el Puerto de A Coruña y la refinería de petróleo de Repsol en A Coruña. Su clima es de tipo oceánico en su variedad meridional, con temperaturas suaves todo el año.



3. ESTACIONES DE CALIDAD DEL AIRE EN A CORUÑA

Durante todo el año 2014, la Red de Calidad del Aire de Galicia dispuso de tres estaciones en la ciudad, dos de ellas pertenecientes a la red gestionada y mantenida por la Xunta de Galicia (Torre de Hércules y Riazor) y otra perteneciente a la subred industrial mantenida por SGL Carbón, cuyos datos recibimos a tiempo real. En la Imagen 2 se muestra su ubicación en la ciudad, que coincide con la dirección de vientos predominante, el eje SE-NW, aunque tenemos que tener en cuenta para la elaboración de este informe, que las borrascas atlánticas entran en dirección NW.

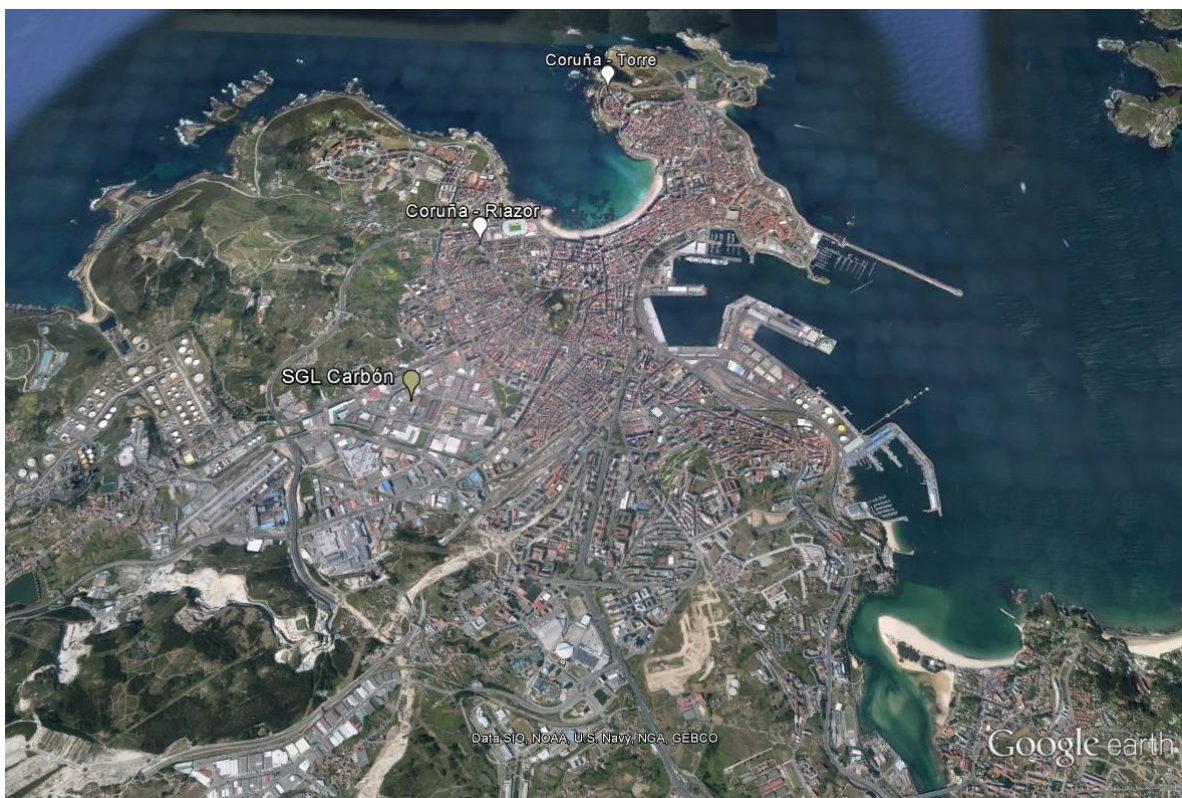


Imagen 2. Localización de las estaciones de calidad del aire en A Coruña.



La estación **Torre de Hércules** pertenece a la red de la Xunta de Galicia, es decir, está gestionada y mantenida con recursos de Calidad del Aire de la Xunta de Galicia. Está dotada de analizadores en continuo de dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno y dióxido de nitrógeno (NO_x/NO₂), ozono (O₃), partículas de diámetro inferior a 10 micras (PM₁₀) y a 2,5 micras (PM_{2.5}) y monóxido de carbono (CO). Tanto sus datos a tiempo real, como los datos validados, se pueden consultar en la página web www.meteogalicia.es/Caire.

Imagen 3. Estación Torre de Hércules, en A Coruña.



XUNTA DE GALICIA

CONSELLERÍA DE MEDIO AMBIENTE,
TERRITORIO E INFRAESTRUTURAS
Secretaría Xeral de
Calidade e Avaliación Ambiental



Se trata de una estación de fondo en área urbana (UF), situada a 200 m del mar, cerca del paseo marítimo y de la Torre de Hércules, en el recinto del C.I.F.P. Ánxel Casal de Monte Alto, como podemos ver en la Imagen 4. En esta estación se realiza el cálculo del IME (índice de exposición media), según el anexo XIII del Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire.



Imagen 4. Localización de la estación Torre de Hércules, en A Coruña.



Imagen 5. Estación Riazor, en A Coruña.

La estación **Coruña-Riazor** también pertenece a la red de la Xunta de Galicia. Está dotada de analizadores en continuo de dióxido de azufre (SO_2), óxidos de nitrógeno y dióxido de nitrógeno (NO_x/NO_2), ozono (O_3), partículas de diámetro inferior a 10 micras (PM_{10}), monóxido de carbono (CO) y benceno (C_6H_6). Los datos a tiempo real, como los datos validados, se pueden consultar en la página web www.meteogalicia.es/Caire.

Riazor es una estación de tráfico en área urbana (UT) situada en la Delegación de Sanidad, en la calle Gregorio Hernández, como mostramos en la Imagen 6. Está próxima al estadio de fútbol y en una calle con gran densidad de tráfico.



XUNTA DE GALICIA

CONSELLERÍA DE MEDIO AMBIENTE,
TERRITORIO E INFRAESTRUTURAS
Secretaría Xeral de
Calidade e Avaliación Ambiental

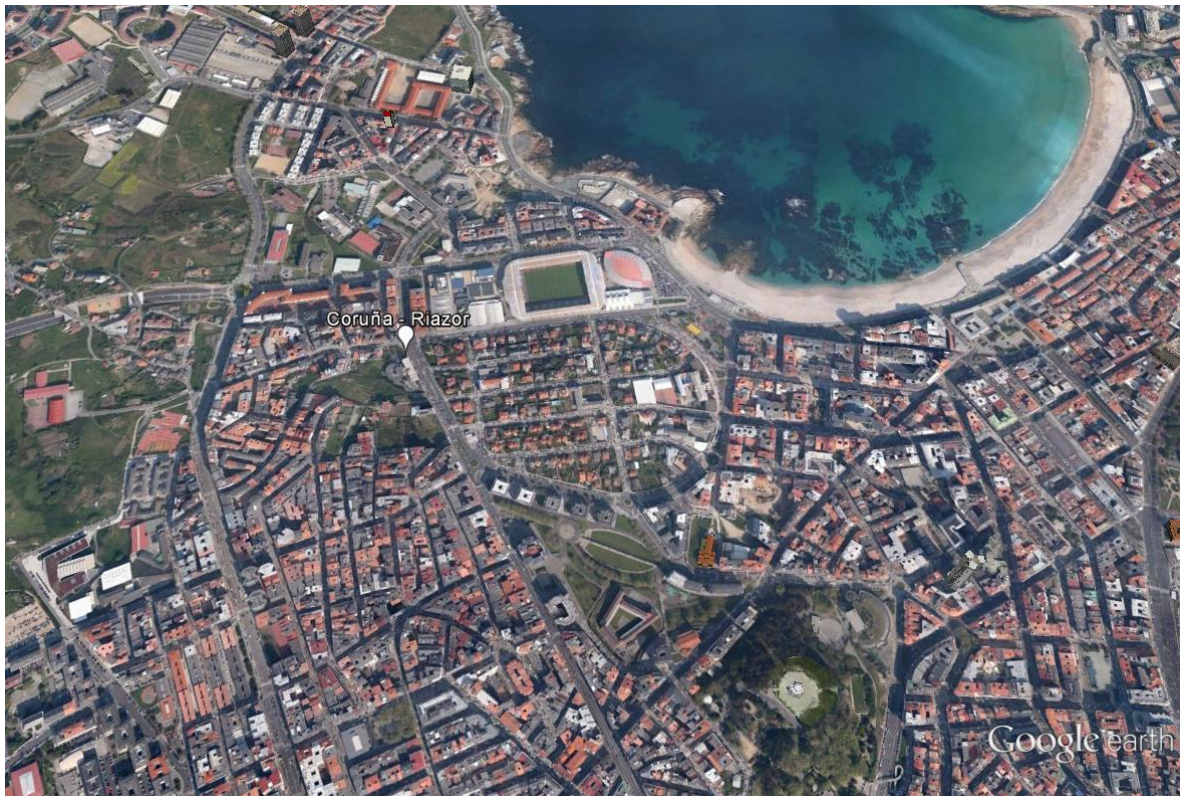


Imagen 6. Localización de la estación Riazor, en A Coruña.

Por último, tenemos la estación A Grela. Se trata de una estación perteneciente a la subred industrial gestionada por varias instalaciones industriales. SGL Carbón cuenta con un analizador de PM₁₀, Alcoa Inespal SA con un analizador de HF y Gas Natural SDG CTCC Sabón con analizadores de SO₂, NOx/NO₂ y PM_{2,5}. Las subredes industriales transmiten sus datos a tiempo real a la Xunta de Galicia y el personal de Calidad del Aire los supervisa y se asegura de que cumplan los criterios de calidad establecidos en el RD 102/2011, de manera que se utilizan las estaciones industriales para evaluar la calidad del aire de Galicia.



Imagen 7. Estación A Grela, en A Coruña.

Sus datos validados se pueden consultar en la página web www.meteogalicia.es/Caire. Esta estación se encuentra en el Polígono Industrial de A Grela, dentro del recinto del propio Laboratorio de Medio Ambiente de Galicia, rodeada de instalaciones industriales, como se muestra en la Imagen 8.



XUNTA DE GALICIA

CONSELLERÍA DE MEDIO AMBIENTE,
TERRITORIO E INFRAESTRUTURAS
Secretaría Xeral de
Calidade e Avaliación Ambiental



Imagen 8. Localización de la estación A Grela, en A Coruña.



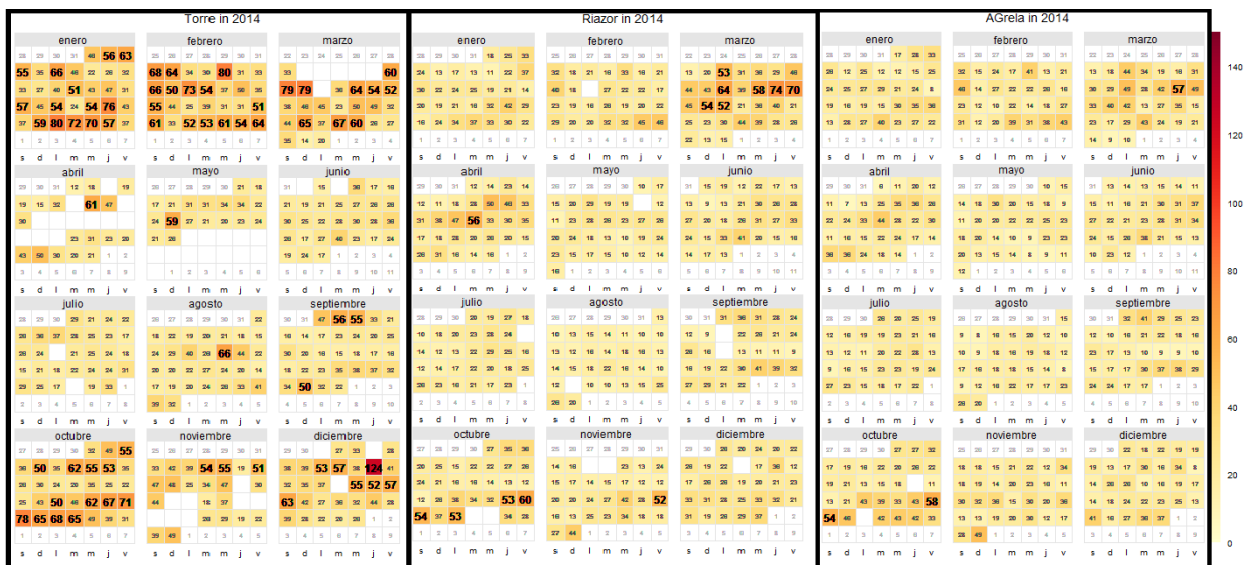
4. DATOS DE PM₁₀ EN A CORUÑA EN 2014

En la Tabla 2 se muestra el resumen de los datos de las tres estaciones de Calidad del aire en A Coruña durante 2014. Vemos que en Torre de Hércules se supera el valor límite diario (VLd) para la protección de la salud establecido en el apartado C del anexo I del RD 102/2011 en más ocasiones de las 35 permitidas a lo largo del año.

PM ₁₀	Torre Hércules	Riazor	A Grela
Superaciones de 50 µg/m ³ en un día	63	13	3
Media en ug/m ³	36	24	22
Porcentaje de datos válidos	87%	96%	99%

Tabla 2. Estadístico de PM₁₀ en las estaciones de A Coruña durante 2014. Datos sin aplicar el factor de corrección para analizadores beta. Factor de corrección 2014: 0.98

En la Gráfica 2 se representan en negrita dentro del calendario, los días del año 2014 en los que hubo superación del valor límite diario en cada estación de A Coruña.



Gráfica 2. Concentración diaria de PM₁₀ en las estaciones de A Coruña representadas en forma de calendario para 2014.

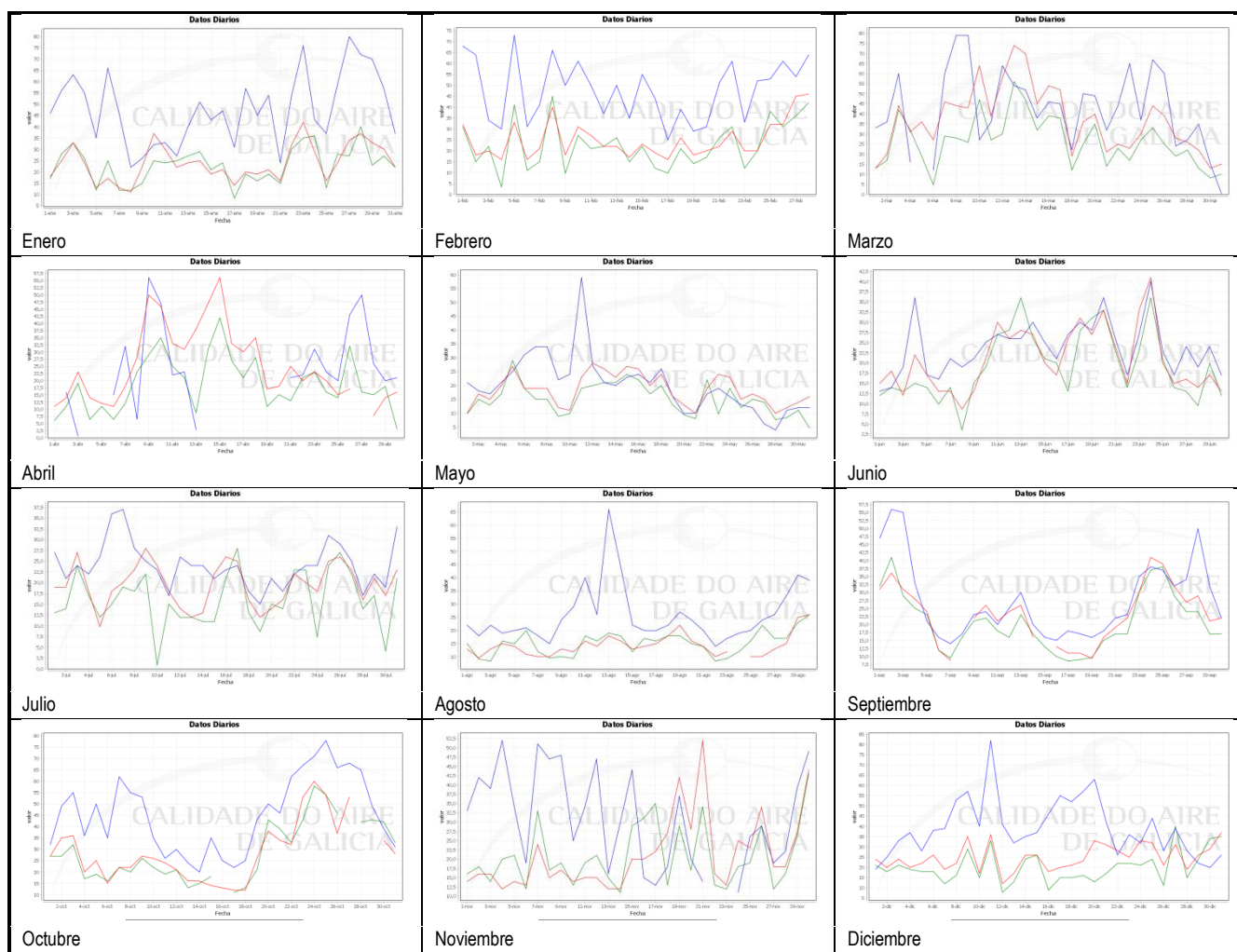
En la izquierda se muestra el calendario de superaciones de Torre de Hércules. En esta estación se registran superaciones del VLd de PM₁₀ de manera casi continuada entre enero y marzo. Después de esta fecha, prácticamente no se registra ninguna superación del VLd hasta el otoño, donde observamos que a partir de octubre, las superaciones del VLd de PM₁₀ vuelven a ser casi continuas.

Comparando estos resultados con los obtenidos en Riazor, que se representan en el centro de la Gráfica, vemos que el número de superaciones en esta estación es muy inferior, pero las que hay, se localizan principalmente en marzo y octubre.



Las superaciones del VLd de PM₁₀ en Riazor sí coinciden con las medidas en la estación A Grela, representadas a la derecha de la gráfica. Aunque en A Grela hay menos superaciones del VLd que en Riazor, las que hay se registran también en marzo y octubre.

A continuación, en la Gráfica 3 se representan las concentraciones diarias de PM₁₀ medidas mensualmente en las tres estaciones de A Coruña. El trazo azul representa la media diaria de PM₁₀ obtenida en la estación Torre de Hércules cada mes, el rojo los de Riazor y en verde los de A Grela. Durante todos los meses del año, Riazor y A Grela van prácticamente a la par, mientras que las concentraciones diarias registradas son muy superiores en Torre de Hércules. Esta situación se da sobre todo en los meses de otoño e invierno, mientras que en primavera y verano, esta diferencia de concentración disminuye e incluso hay muchos días en el mes que las tres estaciones se comportan de la misma manera.



— PM10 Abso A Coruña - Riazor — PM10 Abso A Coruña - Torre Hércules — PM10 Micr A Grela (S)

Gráfica 3. Concentración diaria de PM₁₀ en las estaciones de A Coruña representadas mes a mes durante 2014.

5. ANTECEDENTES

En la Tabla 3 se muestra el resumen estadístico anual de los resultados de la concentración de PM₁₀ en la estación Torre de Hércules con respecto a los valores límite desde 2010, año en que se comenzó a medir este parámetro.

PM ₁₀	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008
Superaciones de 50 µg/m ³ en un día	63	17	20	30	0	-	-
Media en ug/m ³	36	29	27	31	12	-	-
Percentil 90.4	50	43	45	53	21	-	-
Porcentaje de datos válidos	87%	67%	93%	75%	48%	-	-

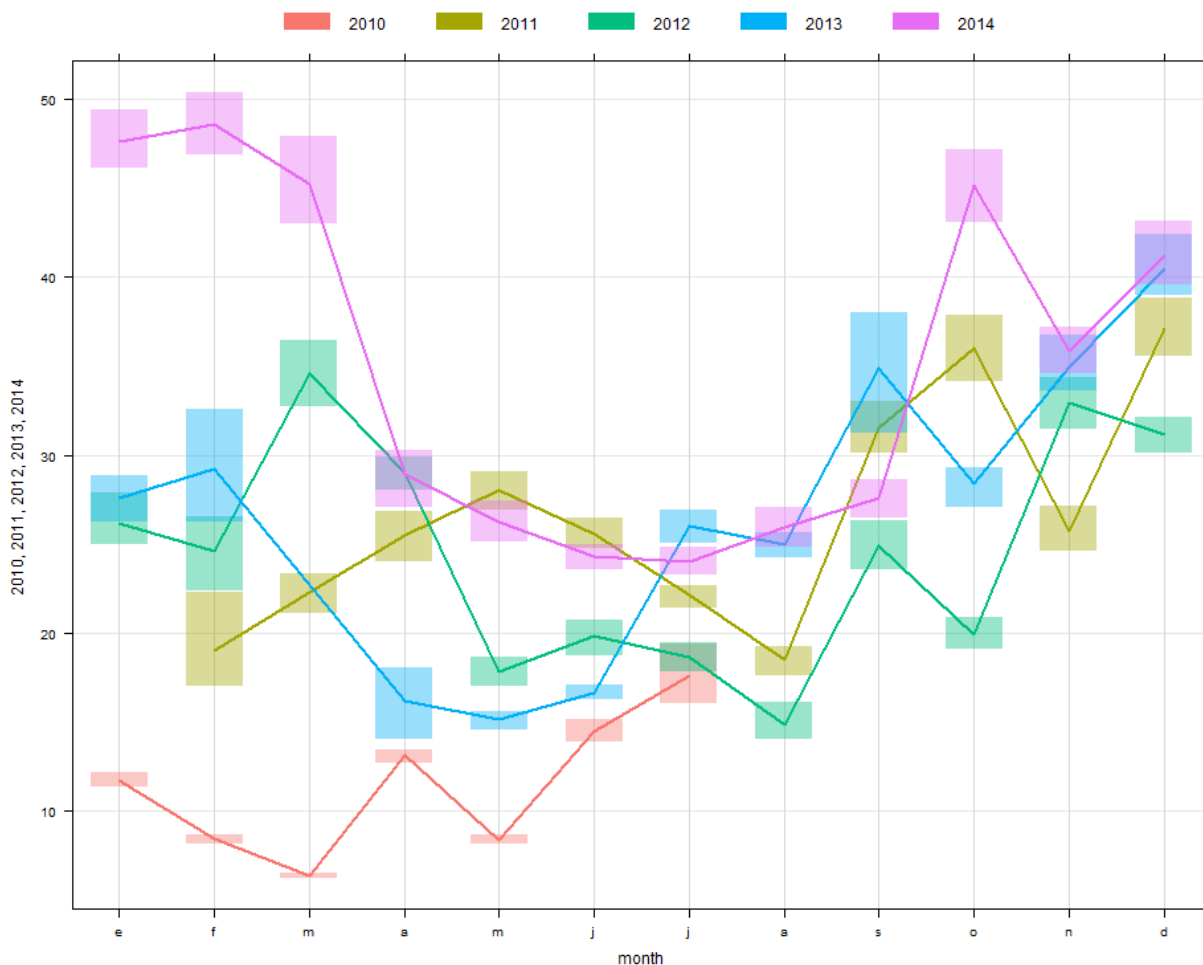
Tabla 3. Resumen estadístico de la concentración diaria de PM₁₀ en Torre de Hércules 2010-2014.

En los casos en los que el porcentaje de datos no es del 100%, podemos emplear el valor del percentil para saber cómo de cerca o lejos está la estación de calidad del aire de alcanzar el valor límite o si por el contrario se supera. El percentil X-ésimo identifica un dato de la serie ordenada de menor a mayor que deja por debajo suyo el X% de los datos de la serie y el estadístico asociado al valor legislado del VLd de PM₁₀ es el percentil 90.4. Se calcula teniendo en cuenta que la media diaria de 50 µg/m³, no se podrá superar en más de 35 días al año, por lo tanto el valor del percentil se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Si un año tiene 365 días menos 35 días son 330, } 330/365=90,4$$

El P90,4 indica el valor de una serie de datos ordenada de menor a mayor por debajo del cual se encuentra 90,4% de los datos de la serie y en este último caso, si el valor del percentil es superior al valor límite es cuando se precisa saber el número de veces que se supera y para ello se incluye como información asociada a la estación el número de superaciones del valor límite que se registra ese año.

En la Tabla 3 vemos que en el año 2011 el valor del percentil 90.4 fue superior a 50, pero durante este año el analizador sufrió múltiples averías y el porcentaje de datos fue bajo y que tanto la media como el número de superaciones del VLd en 2014 destacan sobre los demás. En la Gráfica 2 se representa la media mensual de cada año analizado. Observamos que 2010, que dispone de un bajo porcentaje de datos y sólo durante la mitad del año no sigue la misma tendencia que los demás, ya que las medias mensuales son muy bajas en todos los casos. En el resto de los años, se observa que las concentraciones de los meses de invierno son superiores a las de los meses de verano, y que todos se encuentran en el mismo orden, salvo 2014, que destaca por encima de los demás con diferencias importantes en la concentración.

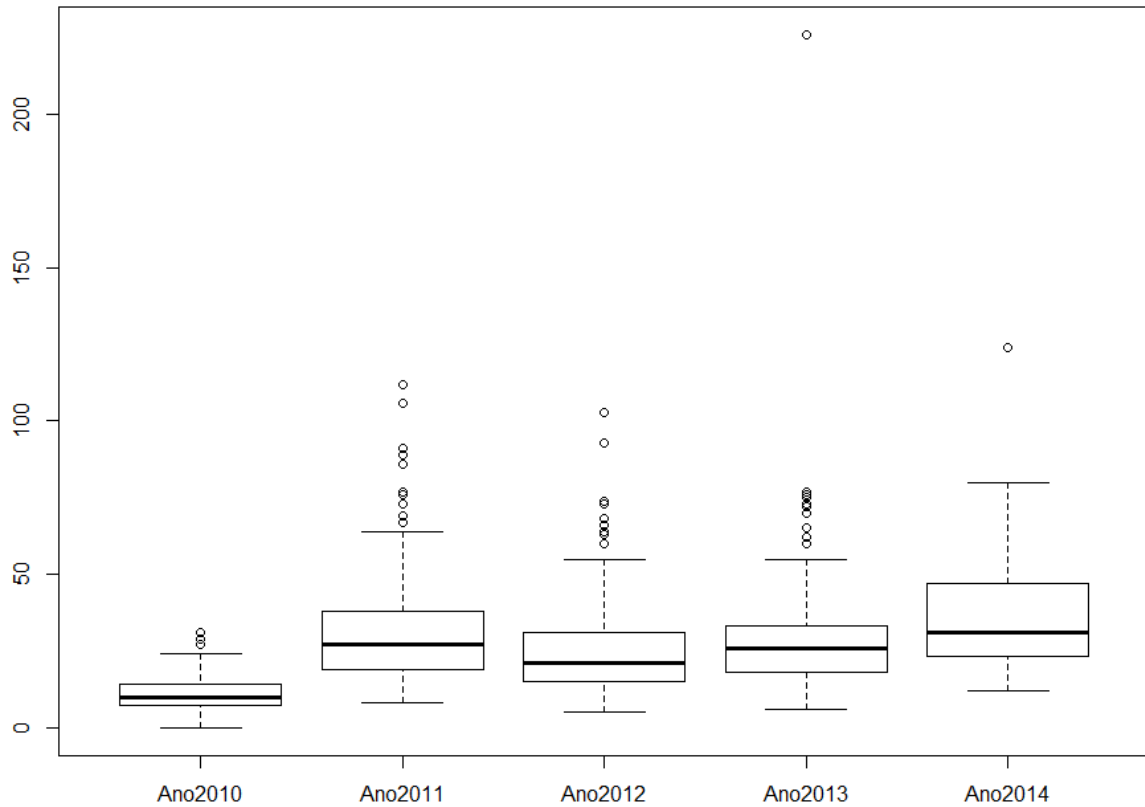


Gráfica 4. Concentración media mensual de PM_{10} en Torre de Hércules 2010-2014.

En la Gráfica 5 representamos en diagramas de cajas las medias diarias de PM_{10} obtenidas cada año entre 2010 y 2014 en la estación Torre de Hércules. Observamos también aquí que los datos de 2010 no son similares a los de los demás años, pero teniendo en cuenta que sólo se dispone de datos durante la mitad del año, no se extraerán conclusiones de los mismos. 2014 destaca porque presenta una mayor dispersión de los datos y un percentil 75 muy superior a los demás años, y a la vez, presenta menos casos extremos.



Datos Diarios PM10 Torre



Gráfica 5. Concentración media diaria de PM_{10} en Torre de Hércules 2010-2014.

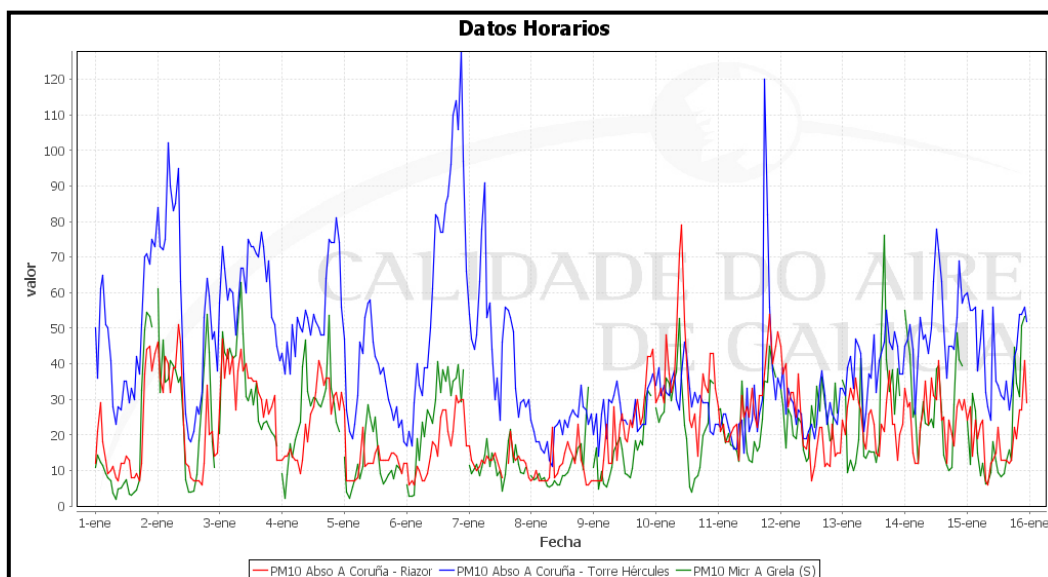
Con estos resultados concluimos que con los datos de concentración de PM_{10} obtenidos en Torre de Hércules en 2014, nos enfrentamos a una situación que no se había dado anteriormente.



6. COMPROBACIÓN DE LA VERACIDAD DE LOS DATOS Y BÚSQUEDA DE CAUSAS

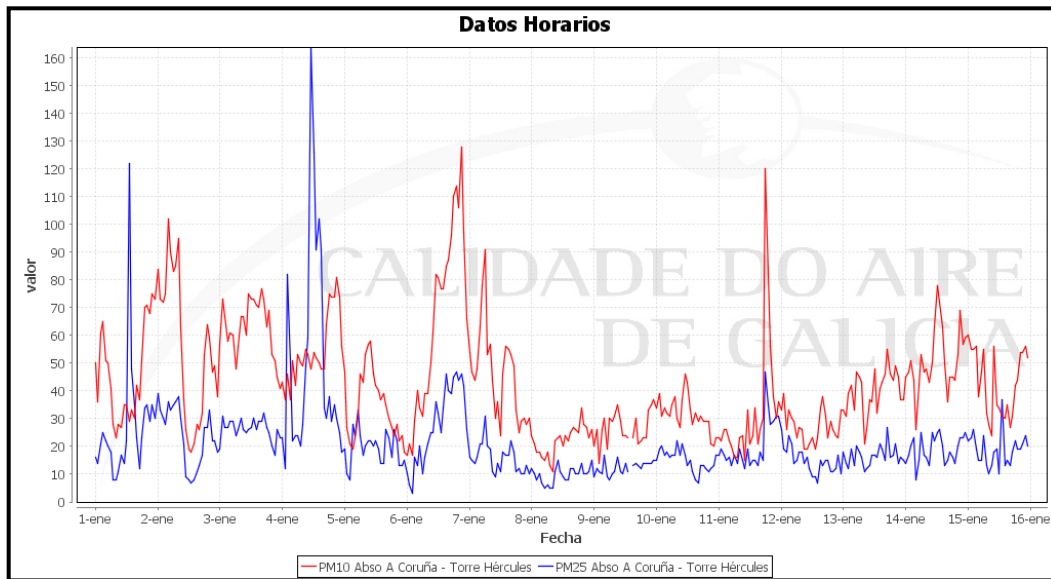
La situación registrada en la estación de calidad del aire de Torre de Hércules durante el primer trimestre del año fue tan anómala que en un primer momento el personal de la Red de Calidad del Aire trabajaba con el planteamiento de que en la estación existía una avería que no se estaba detectando. Los motivos que indujeron a actuar de esta manera se pueden entender analizando con detalle los datos horarios registrados, por ejemplo, durante la primera quincena del mes de enero.

En la Gráfica 6 vemos los datos horarios de PM_{10} en las estaciones de A Coruña, con Riazor en rojo, Torre de Hércules en azul y A Grela en verde. El comportamiento de las estaciones Riazor y A Grela es muy similar, pero en Torre, además de tener una concentración más elevada, se registran picos instantáneos que no tienen explicación, llegando a 120-130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en una hora y volviendo a valores de 20-30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a la hora siguiente.



Grafica 6. Concentración horaria de PM_{10} en las estaciones de A Coruña entre el 1 y el 16 de enero de 2014.

Si además comparamos los datos de PM_{10} de Torre con los de $PM_{2,5}$, como se muestra en la Gráfica 7, la hipótesis de la avería parece más plausible, ya que en muchas ocasiones la concentración de $PM_{2,5}$ (línea azul) supera la de PM_{10} (línea roja) en un instante y luego vuelve a bajar siguiendo su comportamiento habitual.



Gráfica 7. Concentración horaria de PM_{10} y $PM_{2,5}$ en la estaciones Torre de Hércules entre el 1 y el 16 de enero de 2014.

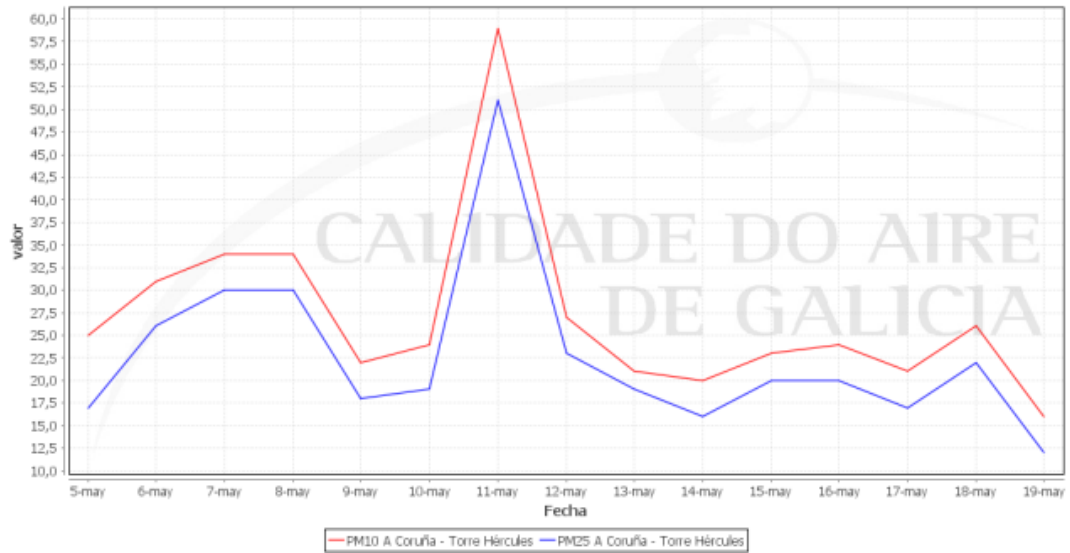
Por este motivo, el personal de Calidad del Aire de la Xunta, junto con el servicio de mantenimiento, llevó a cabo una serie de actuaciones para localizar el supuesto mal funcionamiento de los analizadores de partículas. Se realizaron calibraciones de caudal de los equipos, limpieza de cabezales y tomas de muestras, revisión de las juntas, de las bombas y de todos los componentes del sistema de toma de muestra y de medida. Se revisó el sistema de comunicaciones y se sustituyeron los analizadores de PM por otros diferentes, para descartar una posible avería que no se estuviera detectando por los medios habituales, ya que los datos de $PM_{2,5}$ y PM_{10} continuaban sin correlacionar bien.

Finalmente, se colocaron a los dos analizadores, dos cabezales de PM_{10} entre el 5 y el 19 de mayo y dos cabezales de $PM_{2,5}$ entre el 19 de mayo y el 3 de junio. En la Gráfica 8 se muestran los resultados de estas dos campañas de medida y se puede comprobar que en ambas los dos analizadores se comportaban con normalidad, así que se llegó a la conclusión de que los datos emitidos por los analizadores eran reales.

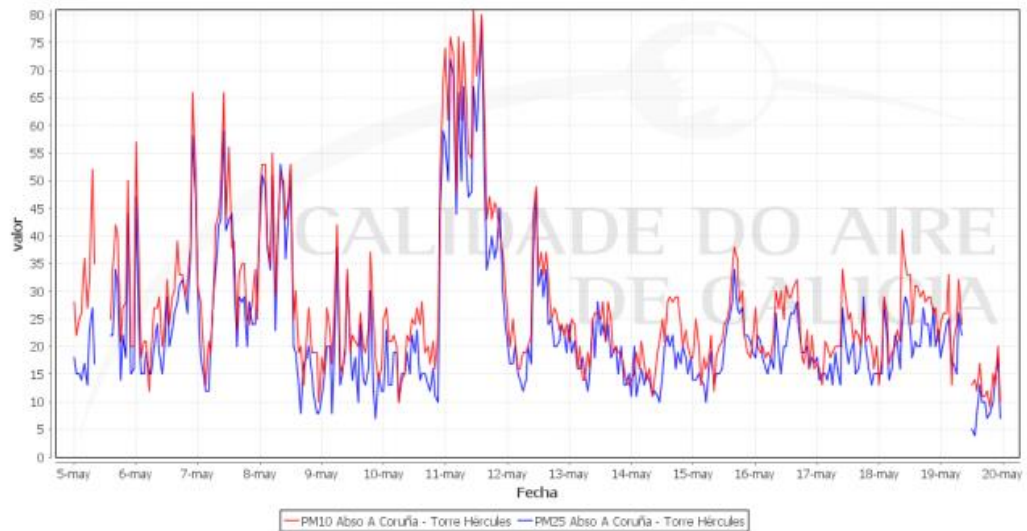


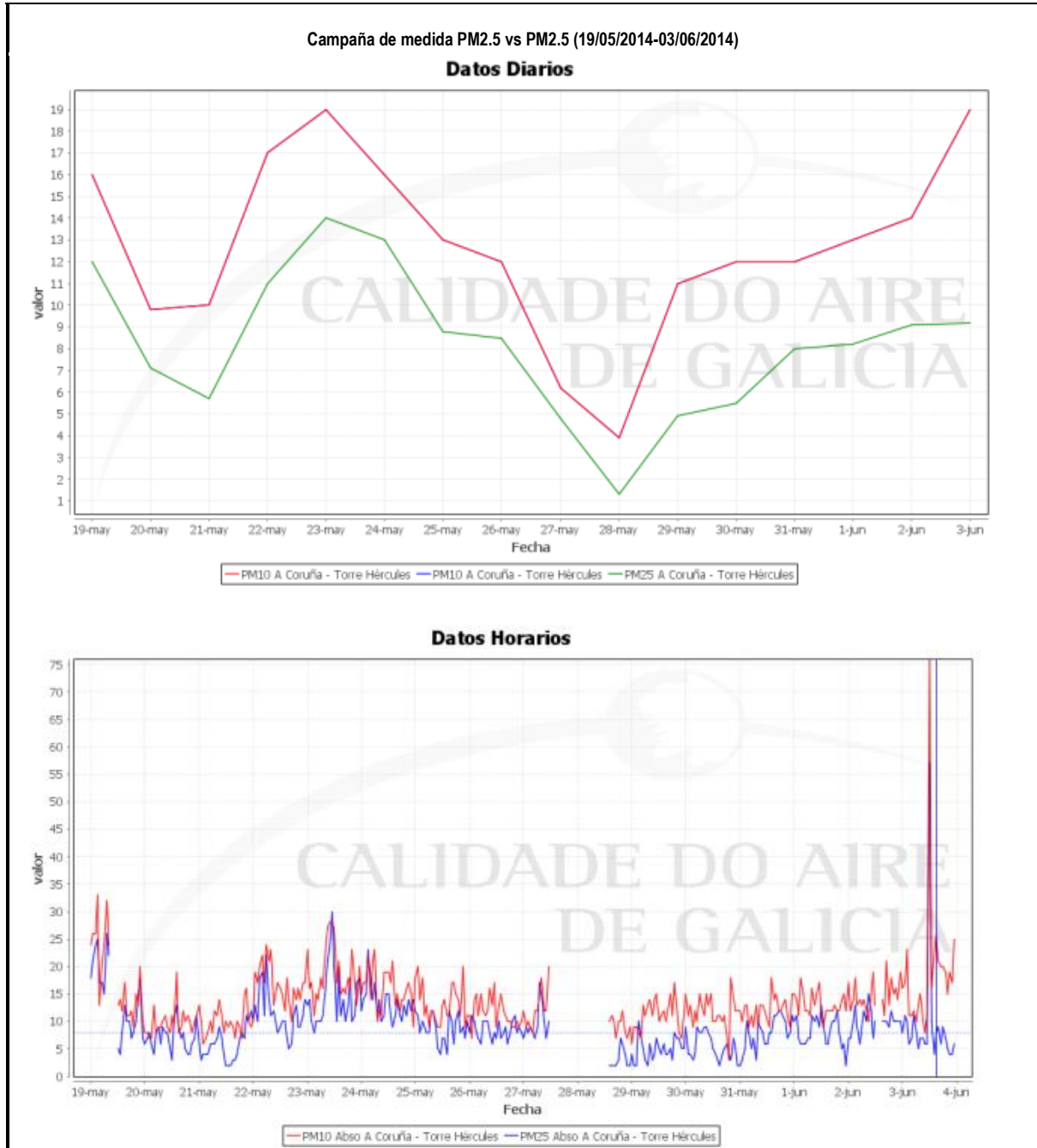
Campaña de medida PM10 vs PM₁₀ (05/05/2014-19/05/2014)

Datos Diarios



Datos Horarios





Grafica 8. Datos diarios y horarios de las campañas de intercambio de cabezales de PM en la estación Torre de Hércules en mayo-junio de 2014.



Mientras se realizaban los trabajos de aseguramiento de la veracidad de los datos, en paralelo se buscaron posibles causas de los elevados valores de PM en esta estación. Se revisaron todas las posibles fuentes cercanas: desde localizar pequeñas obras en la zona hasta clasificar toda la actividad industrial y hostelera del entorno pero no se encontró nada que emitiera únicamente PM, ya que los gases contaminantes medidos en esta estación se encontraban en concentraciones muy bajas. Incluso se investigó el relleno de arena de las playas, pero no coincidían los días ni las horas del relleno con los picos de elevada concentración de PM, además de que el relleno se realiza con material de fracción más gruesa que PM₁₀. En resumen, no se localizó ninguna fuente local que afectara a la medida de PM en la estación Torre de Hércules.

En ese momento, se planteó la hipótesis de si realmente el aerosol marino podía afectar de tal manera a la medición. El aerosol marino consiste en gotitas de agua de mar finamente dispersas en el aire y partículas formadas por la posterior evaporación del agua en el aire, causada por la acción del viento sobre el mar. Uno de los indicios que avalaban esta teoría era que aparecía sal cristalizada en los cabezales, como podemos ver en la Imagen 9. También había que tener en cuenta que se trataba de un fenómeno local, que no se daba en las otras estaciones y que coincidía en el tiempo con los temporales.



Imagen 9. Toberas de impactación y cabezal de PM₁₀ del analizador automático de Torre de Hércules con sal cristalizada

7. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS:

7.1. ANÁLISIS DE LOS DATOS DE PM

Sabemos que algunas de las características del aerosol marino son:

- que su contribución presenta un fuerte gradiente de concentración que decae rápidamente cuando aumenta la distancia al mar y
- que su contribución se da durante todo el año pero con diferente intensidad.

Podemos ver estas características si analizamos los datos anuales de PM₁₀ en 2014, obtenidas en las tres estaciones de A Coruña y representados en la Gráfica 9, con los datos de Riazor y A Grela en verde y en azul y los de la estación Torre de Hércules en rosa. Lo primero que podemos ver en esta gráfica es que en las cuatro representaciones de la concentración de PM₁₀, la hallada en Torre es muy superior a la hallada en Riazor y en A Grela. Esto pone de manifiesto que la contribución al PM₁₀ del aerosol marino decae rápidamente al alejarnos del mar.

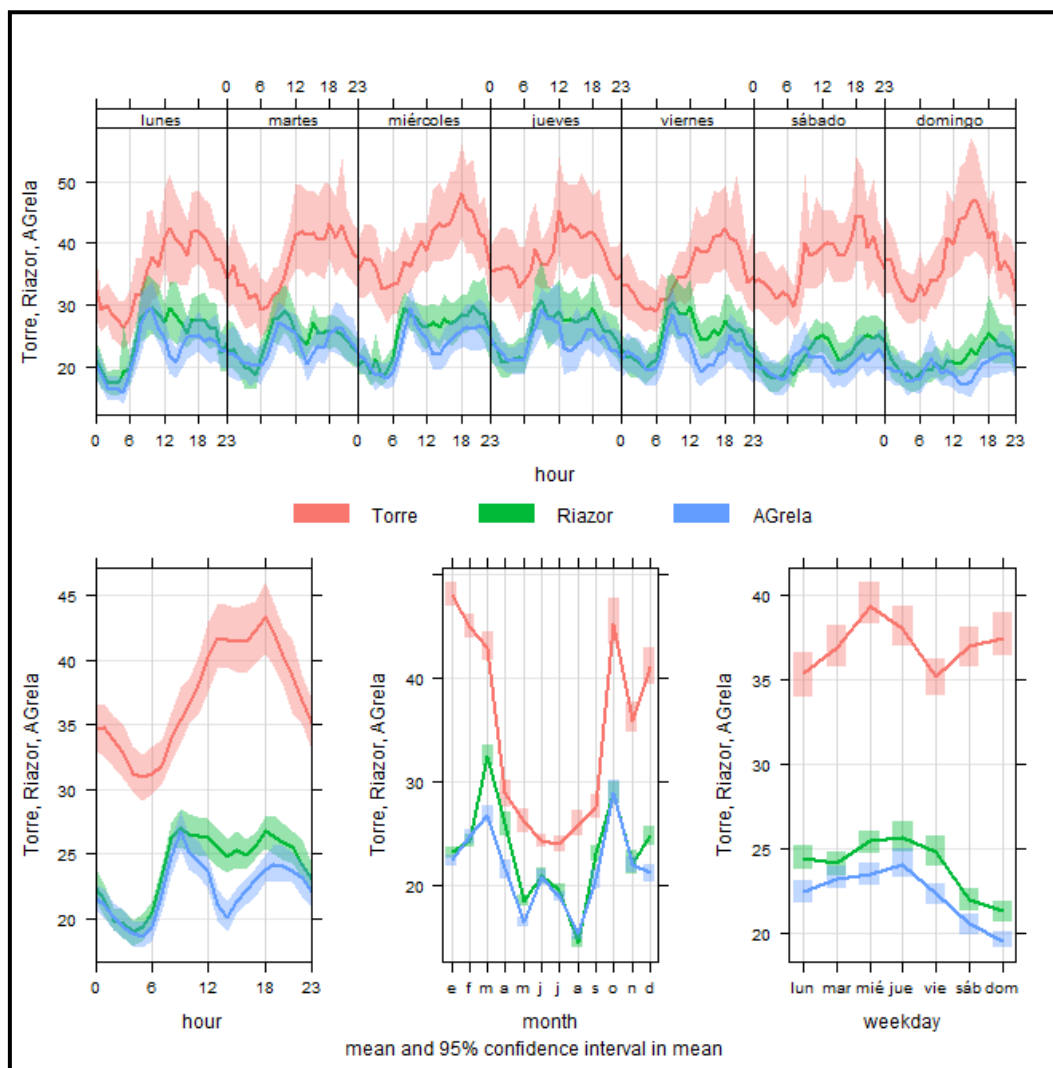
En la parte superior de la Gráfica 9 vemos que el PM₁₀ en Riazor y A Grela tiene el mismo comportamiento tanto los 7 días de la semana como las 24 horas de día. Ambas siguen un perfil de concentración de PM₁₀ asociado al tráfico rodado, donde en los dos casos se observan los dos máximos diarios que se asocian con las horas punta de tráfico de la mañana y la tarde que se da de lunes a viernes. Los fines de semana también se observa este fenómeno, pero con menores concentraciones de PM₁₀. Sin embargo, los datos de PM₁₀ en Torre, además de ser superiores todos los días y a todas las horas del día, siguen un perfil diferente que muestra una mayor dispersión en los datos.

En la esquina inferior izquierda de la Gráfica 9 se representa la concentración de PM₁₀ en las tres estaciones a las diferentes horas del día. Aquí podemos apreciar con más detalle el perfil típico de las emisiones del tráfico rodado para Riazor y A Grela. La principal diferencia es que en A Grela, situada en el polígono industrial, se da el primer máximo en torno a las 9:00 y desde este momento, cuando todos los trabajadores están en sus puestos de trabajo y ha finalizado el reparto de mercancías, hay una disminución de la concentración de PM₁₀ hasta las 13:00, cuando comienzan a salir a comer los que tienen jornada partida. Después salen los que tienen jornada continua y por último se unen a la salida los que tienen jornada partida, de manera que el segundo máximo también coincide con el de Riazor en torno a las 18:00. La única diferencia entre Riazor y A Grela, es que en Riazor apenas hay disminución de la concentración de PM₁₀ entre los dos máximos diarios porque en esta zona la actividad no tiene un horario tan marcado como en el polígono industrial. En Torre también hay un primer máximo, pero es a las 13:00 y la concentración de PM₁₀ se mantiene prácticamente constante hasta el segundo máximo a las 18:00. Este comportamiento no se corresponde con el asociado al tráfico rodado y tampoco al industrial. Puede tener que ver con las mareas, porque en la parte superior de la gráfica se veían diferentes máximos cada día, que no se podían asociar con ninguna actividad.

En el centro de la parte inferior de la Gráfica 9 se representa la concentración de PM₁₀ de las tres estaciones de A Coruña en función de los meses del año. Como en los casos anteriores, la concentración de PM₁₀ en Torre es muy superior a la de las otras dos estaciones. Pero además, vemos que en los meses de otoño e invierno la concentración de PM₁₀ es muy superior a la medida en los meses de primavera y verano y que esta tendencia se da en las tres estaciones, por lo que se pone de manifiesto que la contribución del aerosol marino se da durante todo el año pero con diferente intensidad.



Por último, en la esquina inferior derecha de la Gráfica 9 se presenta la concentración de PM_{10} en las tres estaciones de A Coruña en función de los días de la semana. De nuevo se pone de manifiesto que la concentración de PM_{10} en Torre es muy superior a la concentración en las otras dos estaciones durante todos los días de la semana. También se observa el perfil clásico asociado al tráfico rodado en Riazor y A Grela, en las que la concentración de PM_{10} es elevada durante la semana y disminuye el viernes, con mínimos el fin de semana. Una vez más, el perfil de la concentración de PM_{10} en Torre no se explica por las emisiones del tráfico rodado ni tampoco por ninguna actividad industrial.

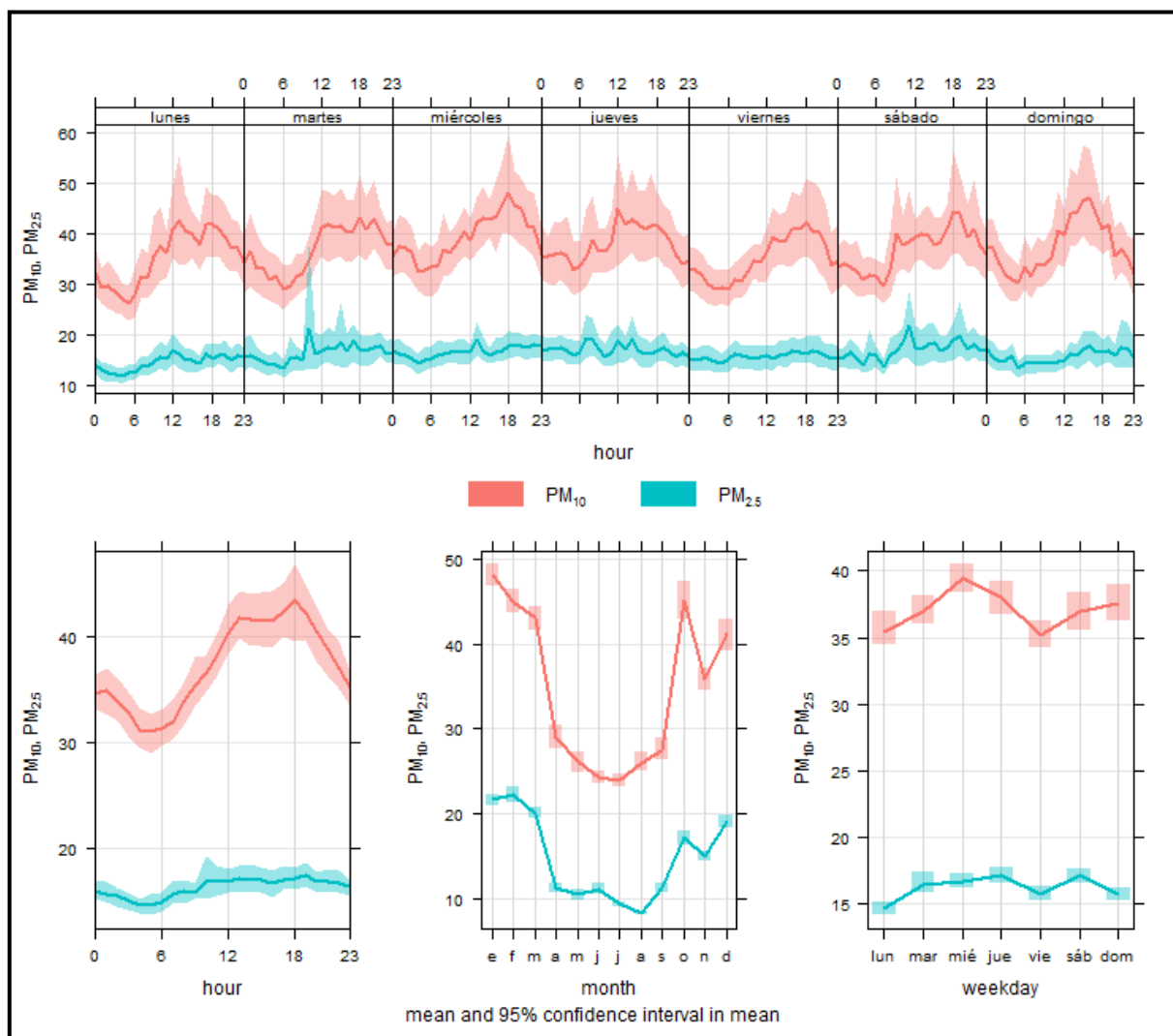


Gráfica 9. Concentración de PM_{10} en las tres estaciones de A Coruña representada en función del tiempo

También se puede hacer el mismo análisis comparando la concentración de PM_{10} (en rosa) con la concentración de $PM_{2.5}$ (en azul) obtenida en 2014 en la estación Torre de Hércules, que se muestra en función del tiempo en la Gráfica 10. En la parte superior de la gráfica vemos que la concentración de $PM_{2.5}$ permanece prácticamente constante tanto los distintos días de la semana como a las diferentes horas del día. En la esquina inferior izquierda se repite este comportamiento y vemos que apenas hay variación en la concentración de $PM_{2.5}$ en función de la hora del día, y que no sigue las variaciones de la concentración de PM_{10} . Esto tiene una explicación si tenemos en cuenta

que el aerosol marino está presente principalmente en la fracción gruesa de la materia particulada y que en esta estación, que es urbana de fondo, no estamos midiendo la contribución del tráfico ni de la industria al aire ambiente. En la esquina inferior derecha se vuelve a dar esta tendencia, ya que para ninguna de las dos componentes del PM observamos dependencia de la concentración con el día de la semana.

Por último, en el centro de la parte inferior de la Gráfica 10 vemos la concentración de PM en función de los meses del año. Tanto para $PM_{2.5}$ como para PM_{10} podemos ver que la contribución es mucho mayor en los meses de otoño-invierno que en primavera-verano, por lo que se pone de manifiesto la variación estacional de dicha contribución.



Gráfica 10. Concentración de PM_{10} y $PM_{2.5}$ en la estación Torre de Hércules representadas en función del tiempo

Para finalizar este apartado, en la Tabla 4 se muestran las concentraciones medias anuales de $PM_{2.5}$ obtenidas desde 2011 hasta 2014 en la estación Torre de Hércules. Esta estación es la que se emplea para la obtención del Indicador Medio de Exposición (IME), según el Anexo XIII del RD 102/2011. Los datos muestran que la concentración media anual ha disminuido en el periodo estudiado.



IME	
2011	22 µg/m ³
2012	20 µg/m ³
2013	16 µg/m ³
2014	15 µg/m ³

Tabla 4. Concentración media anual de PM_{2,5} en la estación Torre de Hércules.

7.2. ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE PM₁₀ EN FUNCIÓN DE LA DIRECCIÓN DEL VIENTO

En la Imagen 10 se muestra la ubicación de las estaciones meteorológicas de Punta Langosteira y A Coruña-Dique pertenecientes a MeteoGalicia, con respecto a la ciudad de A Coruña.

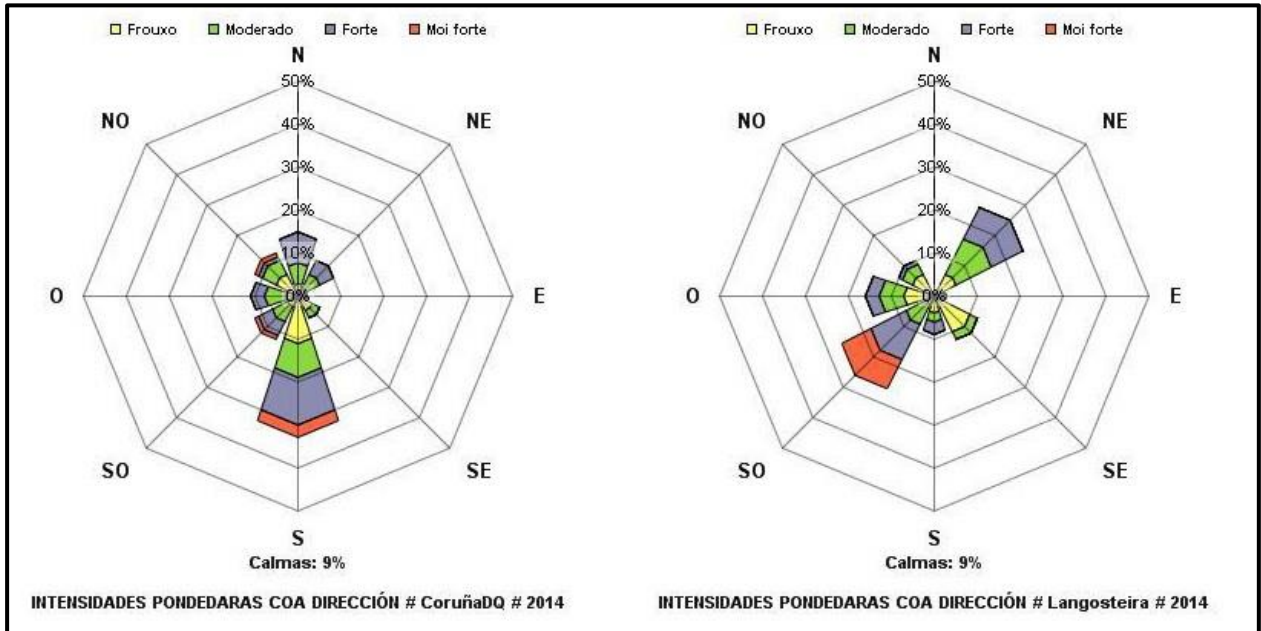


Imagen 10. Localización de las estaciones de MeteoGalicia Coruña-Dique y Punta Langosteira.

La Gráfica 11 muestra la rosa de los vientos de 2014 de las dos estaciones de MeteoGalicia, con Coruña-Dique a la izquierda y Punta Langosteira a la derecha. Estas representaciones tienen en cuenta la dirección del viento, la frecuencia y la intensidad. Las definiciones de viento flojo, moderado, fuerte y muy fuerte según MeteoGalicia se muestran en el recuadro siguiente.

Intensidade do vento				
Calma	Vento feble	Vento moderado	Vento forte	Vento moi forte
≤5 Km/h	>5 e ≤20 Km/h	>20 e ≤40 Km/h	>40 e ≤70 Km/h	>70 Km/h
<1.4 m/s	>1.4 e <5.5 m/s	>5.5 e <11.1 m/s	>11.1 e <19.4 m/s	>19.4 m/s

Analizando la Gráfica 11 vemos que los vientos predominantes en Punta Langosteira son los de Suroeste (SW) seguidos del Noroeste (NW), al igual que en el resto de Galicia. Sin embargo, en Coruña Dique los vientos predominantes son de Sur, seguidos por los de componente Norte.



Gráfica 11. Rosas de los vientos de las estaciones de MeteoGalicia Coruña-Dique y Punta Langosteira en 2014.

La explicación a esta diferencia, como podemos observar en la Imagen 11 la encontramos en la propia orografía de la ciudad. La posición del Monte de San Pedro-Bens impide que los vientos de SW entren en la ciudad, obligándolos a girar, de manera que en el núcleo urbano de A Coruña se reciben los vientos con componente Sur, una vez que han rodeado el monte.

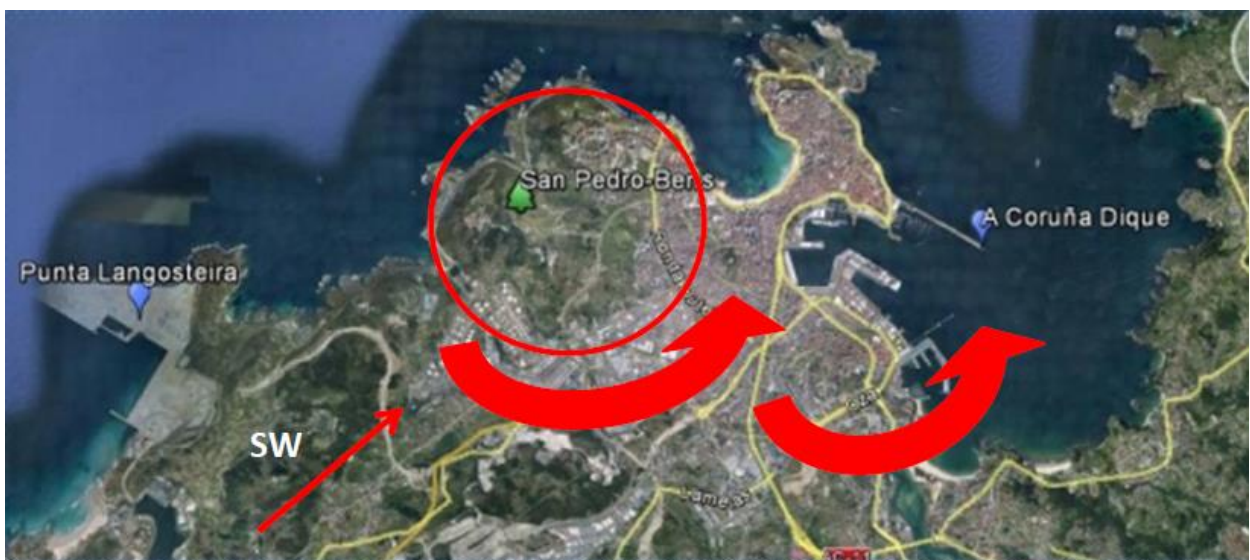
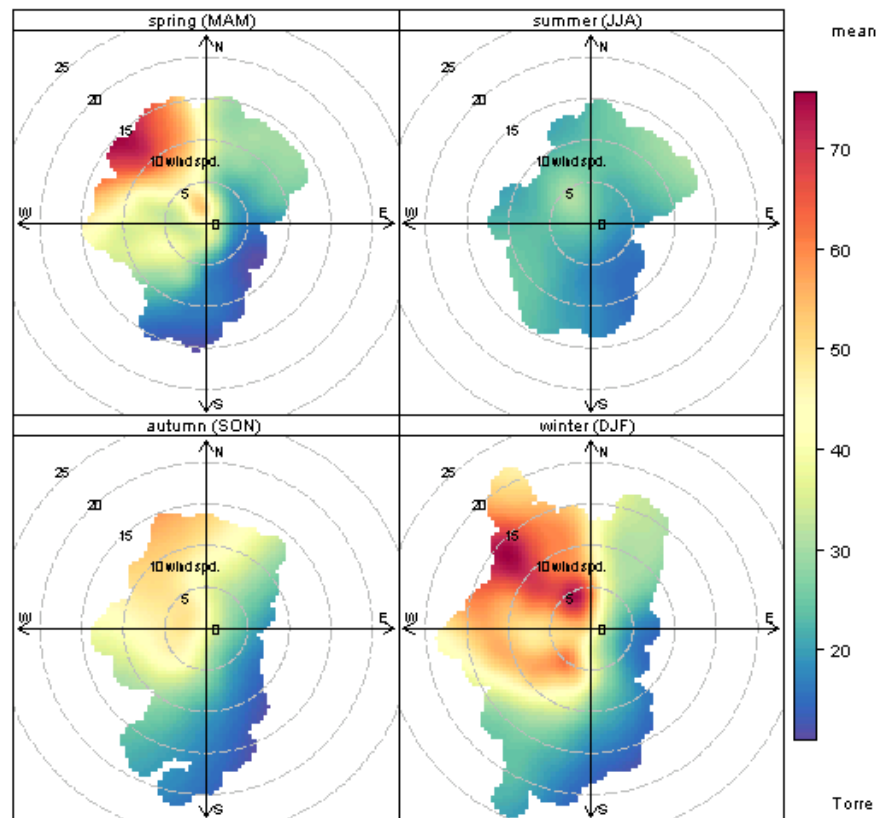
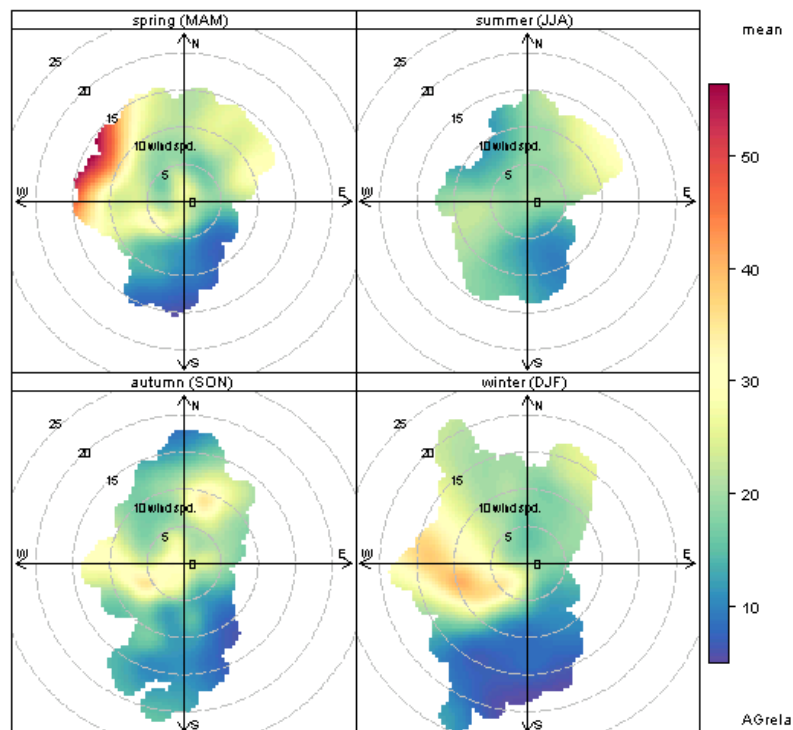
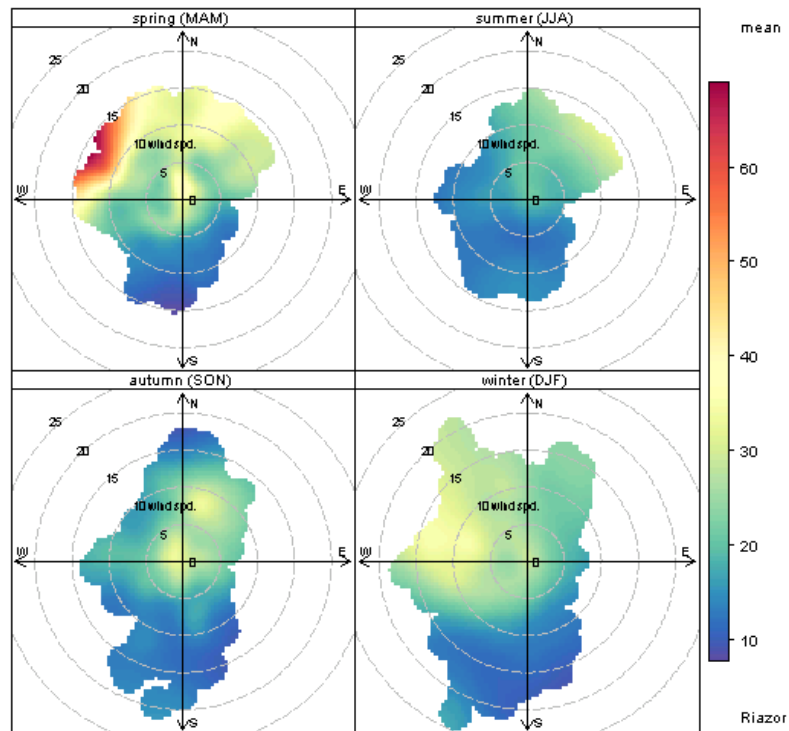


Imagen 11. Circulación del viento en A Coruña.



Si tenemos en cuenta la dirección del viento en 2014 tomada en la estación meteorológica de MeteoGalicia situada en Coruña-Dique, podemos representar en la Gráfica 12 la concentración de PM₁₀ durante las distintas estaciones del año con respecto a la dirección y la intensidad del viento en las tres estaciones de calidad del aire de A Coruña, Torre, Riazor y A Grela.



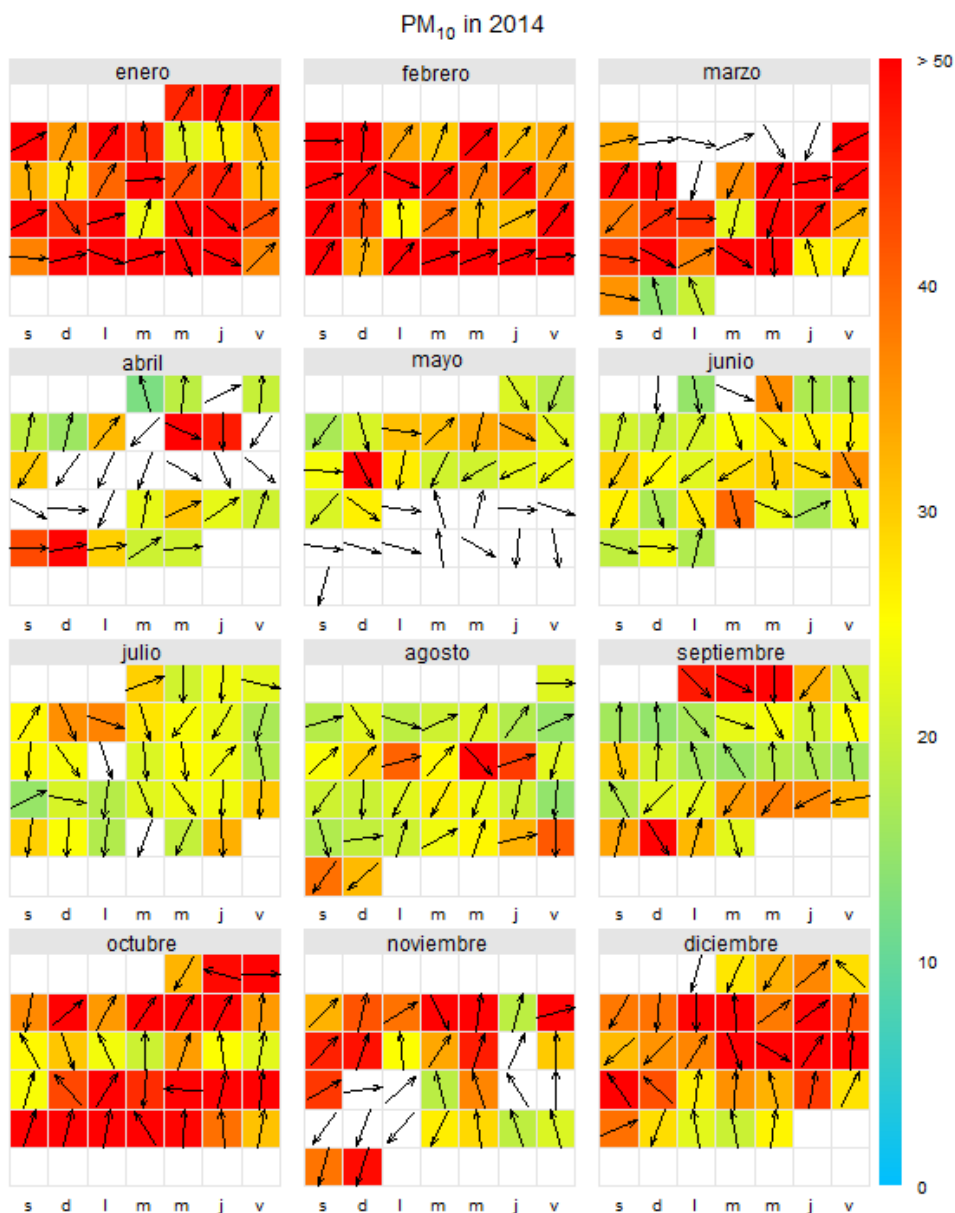


Gráfica 12. Concentración de PM_{10} segregada por estación del año en las estaciones de calidad del aire de A Coruña Torre de Hércules, Riazor y A Grela, durante 2014 en función de la dirección y la intensidad del viento en Coruña-dique



Vemos que en las tres estaciones de calidad del aire las mayores concentraciones de PM_{10} se registran con vientos del NW en primavera y en invierno. Este efecto es más acusado en Torre, donde también predomina en otoño. Si volvemos a la Imagen 2 teníamos que esta es la dirección en la que se encuentra el mar y que en el caso de la estación Torre de Hércules, es lo único que hay en esa dirección.

Dada la particular localización de esta estación, vemos que también cuando recibe vientos de componente S-SW, está recibiendo aporte directamente del mar. Esta situación se representa en la Gráfica 13, donde vemos en rojo los días del año en que se produjeron superaciones del VLd de PM_{10} y la dirección del viento asociada.



Gráfica 13. Concentración media diaria de PM_{10} medida en Torre de Hércules representada en rojo cuando es superior al VLd y dirección del viento en la estación Coruña-Dique durante 2014.



7.3. ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE PM₁₀ CON RESPECTO A LA ALTURA DE LAS OLAS.

El Departamento de Predicción Numérica de MeteoGalicia, perteneciente a la Subdirección de Meteorología e Investigación de la Xunta de Galicia, realizó un estudio del efecto conjunto de la agitación marina por las olas y la producción de espuma marina debida al descrestamiento de las olas por vientos intensos. El estudio completo se muestra como Anexo I y en este apartado reproducimos sus principales conclusiones.

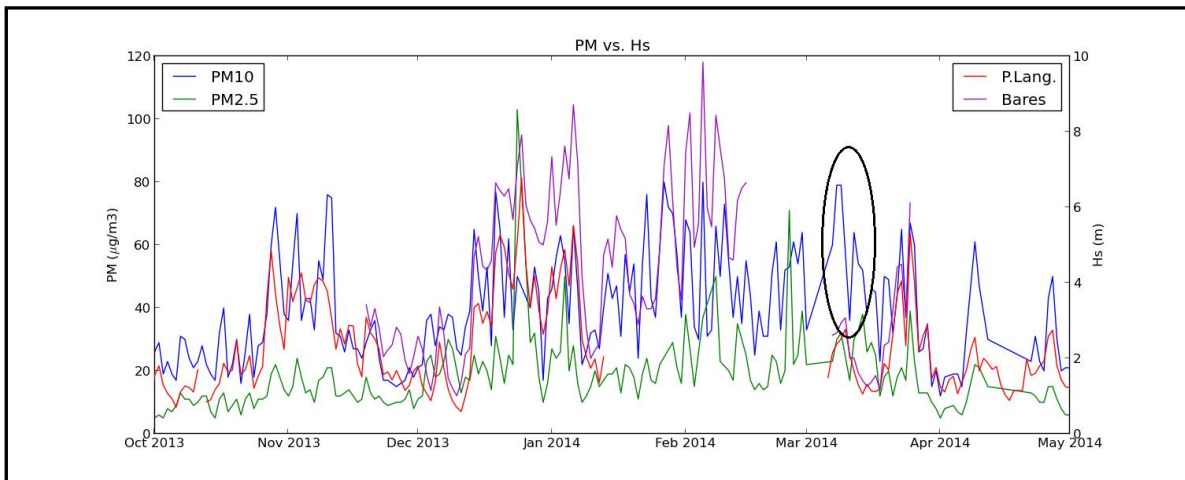
Se realizó un acercamiento bibliográfico a la modelización de la emisión de aerosoles marinos. No obstante, las técnicas descritas en la bibliografía no son de utilidad en este caso concreto, comparadas con un sencillo análisis de los datos de concentración de PM₁₀ frente a las variables meteorológicas más relacionadas con la producción de aerosoles marinos.

En la bibliografía se encontraron propuestas de modelización de la producción de aerosoles marinos, siendo un hecho conocido que su producción se puede aproximar con el valor de viento en superficie elevado “más o menos” al cubo (Wu, 1986). Se tomó la tasa de emisión (dF/dr) para aerosoles de menos de 10 µm siguiendo el modelo propuesto en (Monahan 1986) y mejorado y ampliado en (Gong 1997), donde U₁₀ es el módulo de la velocidad del viento a 10 m, r es el radio de la partícula y B=(0.380-log r)/0.650:

$$\frac{dF}{dr} = 1,373 U_{10}^{3,41} \cdot r^{-3} (1 + 0,057r^{1,05}) \cdot 10^{1,1} e^{-B^2}$$

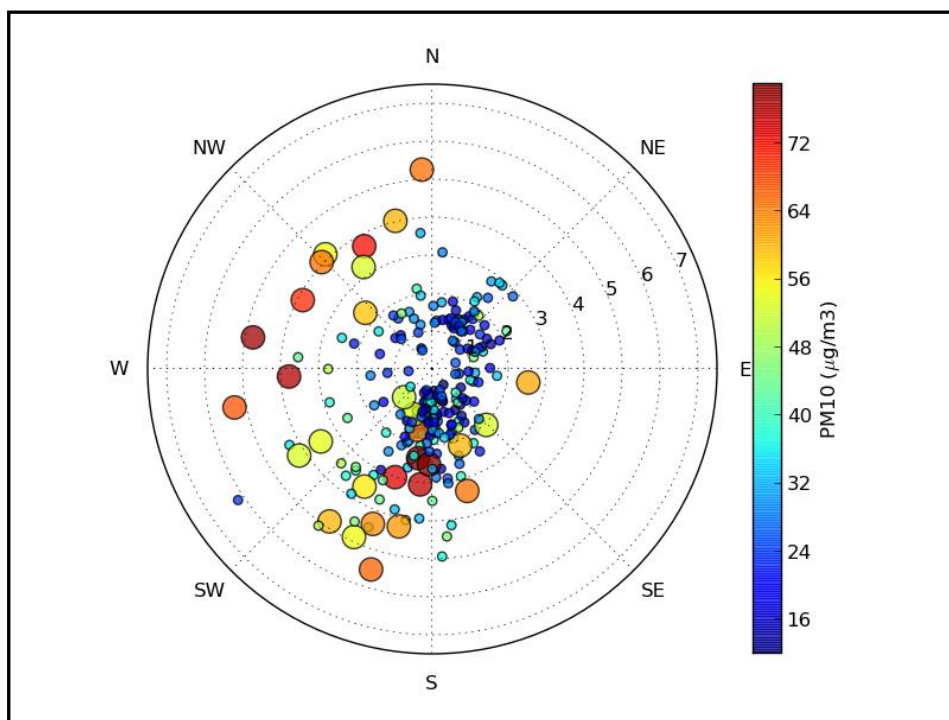
Se encontró que los registros elevados de concentraciones de PM₁₀ en la estación de calidad del aire de Torre de Hércules tienen una correlación casi nula con la velocidad del viento. Pero sustituyendo la intensidad del viento por oleaje, se observó que casi todos los casos de superación del VL diario de PM₁₀ corresponden a oleajes de más de 3 m de altura y que la correlación de los valores de PM₁₀ con la altura significativa de las olas es relevante (0.56 para PM₁₀ y 0.50 para PM_{2,5}), ya que a valores más altos de Hs (altura de la ola), se registran valores más elevados de material particulado.

En la Gráfica 14 se representan las concentraciones de PM₁₀ y PM_{2,5} en la estación Torre de Hércules y las alturas de las olas registradas en las boyas de Punta Langosteira y Estaca de Bares entre octubre de 2013 y mayo de 2014. En el círculo se señala el único caso encontrado en el que un incremento de la concentración de partículas no se corresponde con olas de más de 3 m. Hay que señalar en este punto, que entre el 12 y el 20 de marzo hay un episodio de quema de biomasa, según la tabla actualizada confirmando los episodios naturales ocurridos durante 2014, proporcionada a través del "Acuerdo de Encomienda de Gestión entre el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) y la Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) para la realización de trabajos relacionados con el estudio y evaluación de la contaminación atmosférica por material particulado y metales en España”.



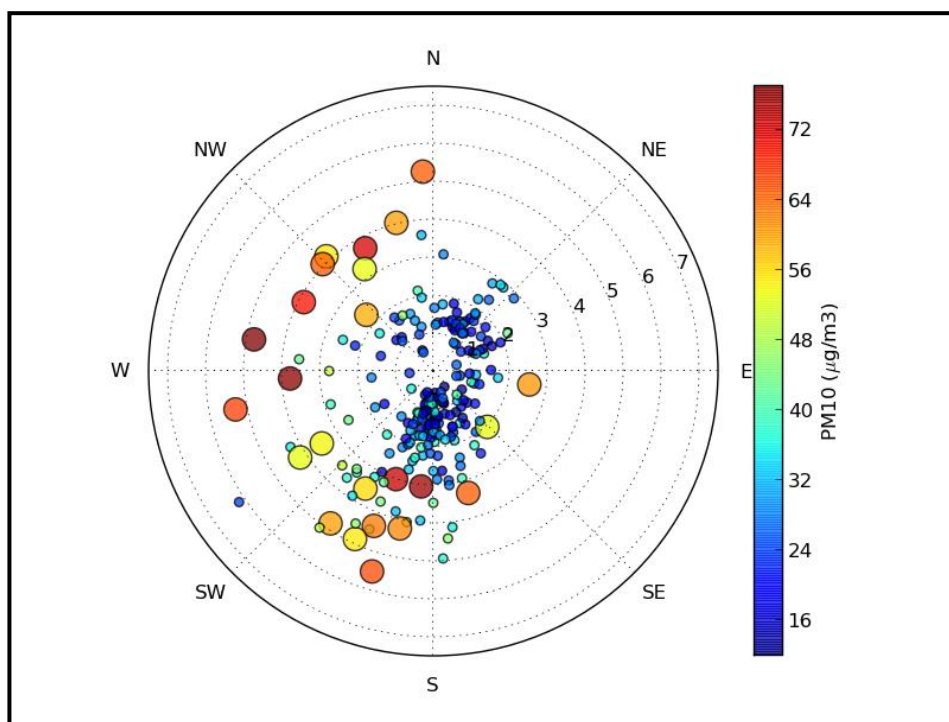
Gráfica 14. Serie temporal de la evolución de las concentraciones de PM_{10} y $\text{PM}_{2,5}$ (eje izquierdo) y de la altura significativa de las olas en las boyas de Punta Langosteira y Bares (eje derecho).

Si adicionalmente en la gráfica añadimos la dirección del viento (Gráfica 15), observamos que, en general, las superaciones del VLd de PM_{10} (destacadas en círculos grandes) se producen con vientos de componente W, es decir, de origen marino en la localización de la estación, a la vez que se están produciendo alturas de ola superiores a los 3 m.



Gráfica 15. Concentración de PM_{10} (en colores) en coordenadas polares: altura de las olas (distancia al centro) y dirección del viento (ángulo), entre octubre de 2013 y abril de 2014.

Si repetimos el análisis eliminando en la Gráfica 16 los datos entre el 1 y el 20 de marzo de 2014, correspondientes al episodio de quema de biomasa documentado, desaparecen la mayor parte de las superaciones que ocurrían con oleajes de altura inferior a 3m.



Gráfica 16. Concentración de PM_{10} (en colores) en coordenadas polares: altura de las olas (distancia al centro) y dirección del viento (ángulo), entre octubre de 2013 y abril de 2014 filtrando los datos entre el 1-20 de marzo de 2014.

El estudio concluye que, a la vista de todo lo anterior, la atribución de las elevadas concentraciones de PM_{10} durante el primer trimestre de 2014 al efecto combinado de las olas y los vientos de origen marino resulta razonable.

7.4. ANÁLISIS DEL AGUA DE LLUVIA EN TORRE DE HÉRCULES Y EN RIAZOR.

Determinar la composición química de la lluvia nos proporciona información sobre las fuentes que contribuyen a la química de la lluvia y enriquece el conocimiento de la dispersión local y regional de los contaminantes y sus potenciales impactos sobre los ecosistemas a través de los procesos de deposición. En la red de agua de lluvia de la Xunta de Galicia se están llevando a cabo las determinaciones de los siguientes parámetros analíticos: fluoruros, cloruros, nitritos, nitratos, bromuros, fosfatos, sulfatos, sodio, amonio, potasio, magnesio, calcio, pH y conductividad específica.

Para comprobar si existía una mayor conductividad en el agua de lluvia de Torre de Hércules y una mayor concentración de iones que pudiéramos asociar con el aerosol marino, instalamos un colector de agua de lluvia en esta estación en el mes de mayo de 2014. Así pudimos comparar los resultados obtenidos en Torre de Hércules con los de la estación de Riaza, donde hay un colector de agua de lluvia durante todo el año.



En la Imagen 12 se muestra el colector de agua de lluvia localizado en la estación Riazor. Se trata de un equipo para la captación de polvo sedimentable atmosférico, cuyas características están recogidas en la Orden de 10 de agosto de 1976 (BOE núm. 266, del 5 de noviembre) y que es el equipo utilizado más ampliamente. Consta de un soporte, una garrafa con capacidad para 10 l y un embudo de teflón con una superficie de 700 cm².

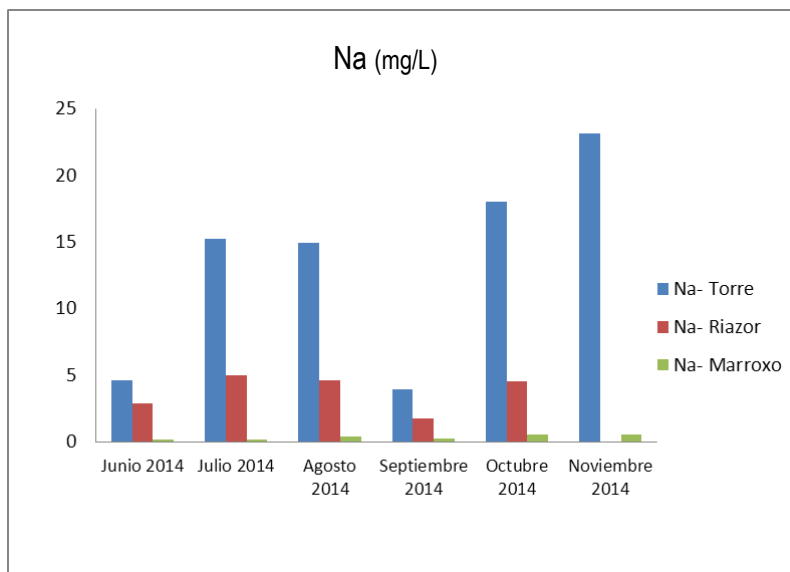


Imagen 12. Equipo colector de agua de lluvia (captador de polvo sedimentable) en Riazor.

Actualmente en la Red de Agua de lluvia se recogen muestras mensuales en las estaciones de A Coruña- Riazor y A Coruña-Torre. En estas estaciones se muestrea en periodos mensuales y con colectores abiertos, en los que se recogerá la deposición total.

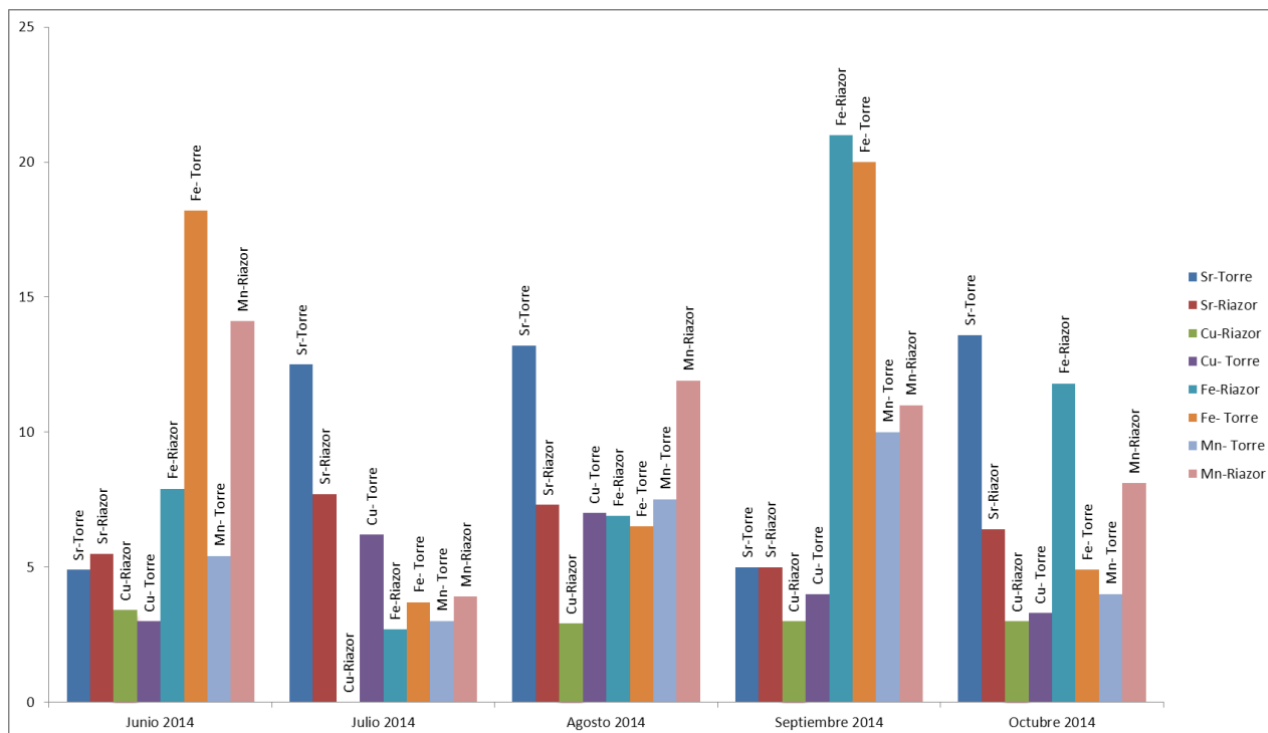
A continuación se muestran los datos de sodio en las muestras de lluvia recogidas en dichas estaciones, y se comparan además con los obtenidos en esas mismas fechas en la estación de fondo de Marroxo. Habrá que tener en cuenta que la recogida en Marroxo es únicamente de la fracción húmeda de la deposición, empleándose un colector automático en esta estación.

En la Gráfica 17 se representa la concentración de sodio expresada en mg/L en las estaciones de Torre, Riazor y Marroxo en el período comprendido entre junio y noviembre de 2014. Se ve claramente que en las dos estaciones de A Coruña el contenido en sodio es mucho más elevado que en la estación de fondo (Marroxo), donde el contenido es mínimo, ya que está situada en el interior de la provincia de Lugo, en Monforte de Lemos. Comparando la estación de Torre y la de Riazor, también podemos observar que el aporte de sodio en la zona de la Torre en algunos casos es hasta el triple del aporte encontrado en Riazor.



Gráfica 17. Concentración de sodio expresada en mg/L en las estaciones de Torre, Riazor y Marroxo en el periodo comprendido entre junio y noviembre de 2014.

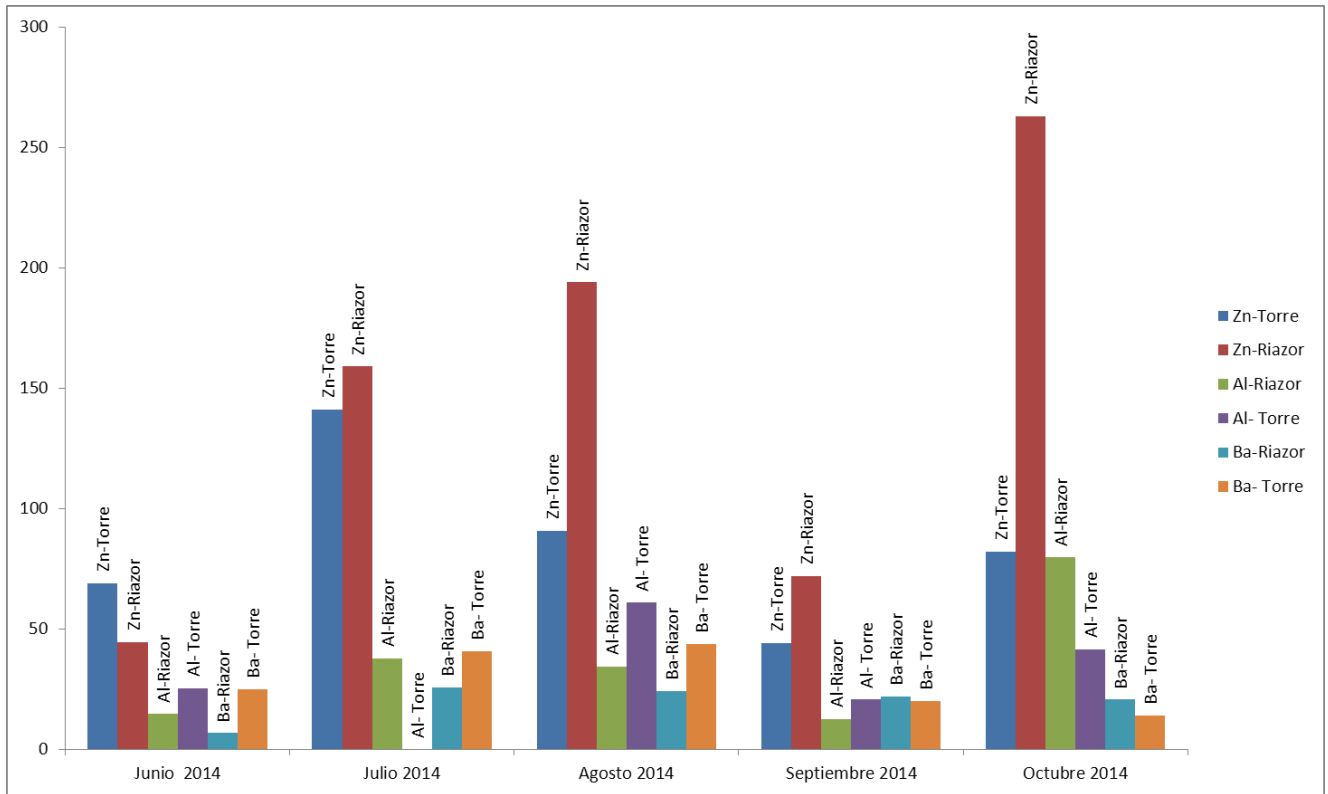
Las muestras de agua de lluvia de la red son caracterizadas no sólo con el análisis de los iones, sino también con la medida de otros elementos minoritarios. En las Gráficas 18 y 19 se comparan los datos obtenidos para los principales elementos metálicos medidos en las estaciones de Torre y Riazor.



Gráfica 18. Concentración de estroncio, hierro, cobre y manganeso expresada en µg/L en las estaciones de Torre y Riazor en el periodo comprendido entre junio y octubre de 2014.



Al comparar los elementos en ambas estaciones se aprecia un mayor contenido en Sr en la estación de Torre frente a Riazor durante los meses de julio, agosto y octubre.

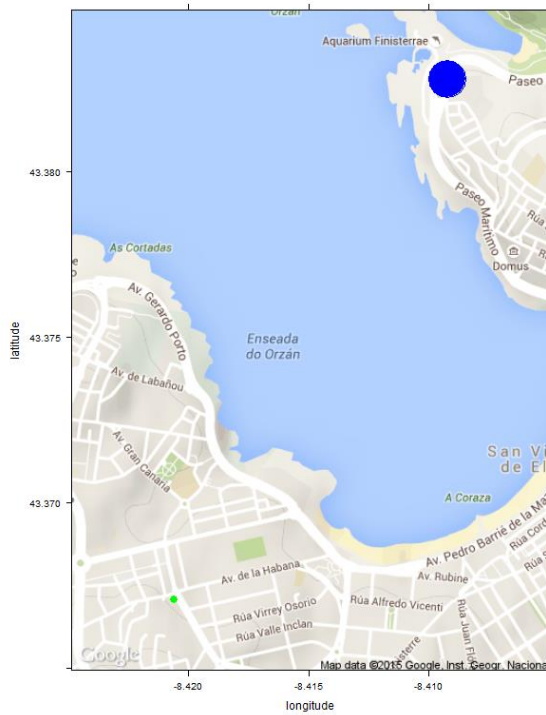


Gráfica 19. Concentración de aluminio, bario y cinc expresada en µg/L en las estaciones de Torre y Riazor en el periodo comprendido entre junio y octubre de 2014.

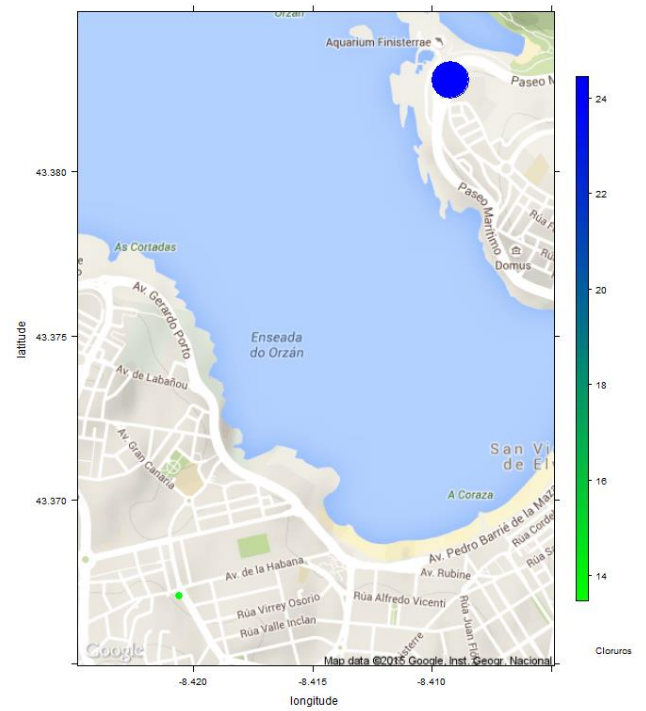
En la Gráfica 20 se representan en un mapa las concentraciones medias, en mg/L, de sulfatos, cloruros, sodio, potasio y conductividad iónica, en µS/cm obtenidas en el agua de lluvia recogida durante el periodo estudiado en 2014 en las estaciones de Torre y Riazor. Para todos los parámetros estudiados, que coinciden con los componentes principales del agua de mar, observamos que la concentración es muy superior en la estación de Torre que en la de Riazor, circunstancia que se puede explicar dada la cercanía al mar de la estación Torre de Hércules.



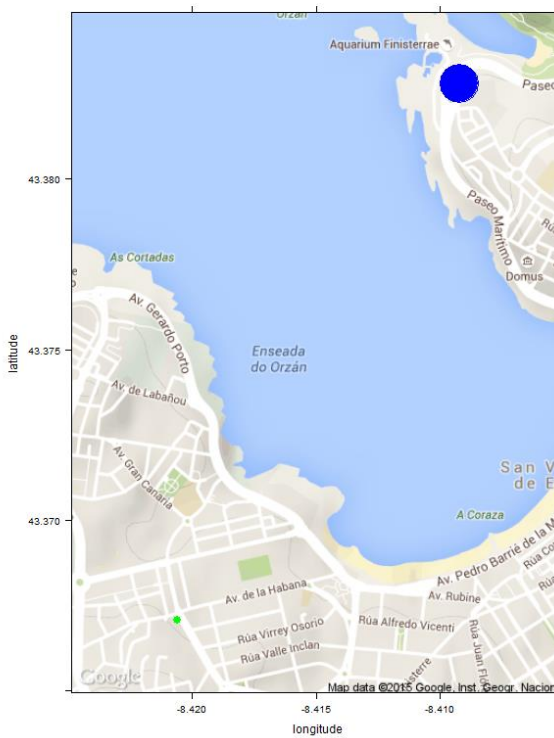
Mapa Sulfatos (mg/L)



Mapa Cloruros (mg/L)

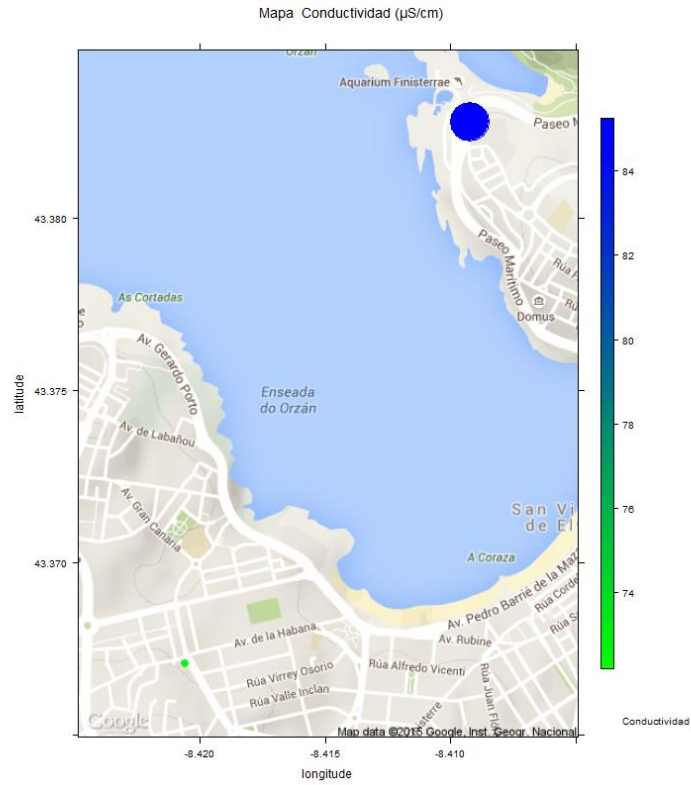


Mapa Sodio (mg/L)



Mapa Potasio (mg/L)





Gráfica 20. Concentración media de sulfato, cloruro, sodio, y potasio expresada en $\mu\text{g}/\text{L}$ y conductividad iónica en $\mu\text{S}/\text{cm}$, en las estaciones de Torre y Riazor en 2014.



8. METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CONTRIBUCIÓN DE LA SAL MARINA EN LA FRACCIÓN PM₁₀ DE LA MATERIA PARTICULADA.

8.1. INTRODUCCIÓN.

Para determinar la contribución de la sal marina en PM₁₀, seguimos el Documento de Trabajo de la Comisión del 15/02/2011, donde se establecen las directrices para la demostración y sustracción de las superaciones atribuibles a fuentes naturales conforme a la Directiva 2008/50/CE relativa a la calidad del aire ambiente ya una atmósfera más limpia para Europa.

En ocasiones, las superaciones de los valores límite establecidos en la legislación de calidad del aire pueden estar causadas en parte por fuentes naturales, en particular en el caso de las partículas y el dióxido de azufre. Las contribuciones de fuentes naturales pueden evaluarse pero no controlarse, por eso la Directiva 2008/50/CE da la posibilidad de aportar pruebas de que las superaciones son atribuibles a las fuentes naturales y en este caso, las superaciones no se consideran como tal para el propósito de cumplir con la disposición pertinente de la Directiva. En dicha Directiva se ofrece a los Estados miembros la posibilidad de restar la contribución de las fuentes naturales bajo ciertas condiciones antes de la comparación de las concentraciones de contaminantes en el aire ambiente con sus respectivos valores límite. El documento de trabajo de 15/02/2011 tiene por objeto dar orientación sobre qué fuentes se pueden considerar naturales en este contexto y sobre los métodos para cuantificar y restar la contribución de estas fuentes.

El fundamento jurídico de restar las contribuciones de fuentes naturales se establece en el artículo 20 de Directiva 2008/50/CE, que establece lo siguiente:

- “Los Estados miembros transmitirán a la Comisión las listas correspondientes a un año determinado, de las zonas y aglomeraciones en las que las superaciones de los valores límite de un contaminante sean atribuibles a fuentes naturales. Los Estados miembros facilitarán información acerca de las concentraciones y las fuentes y las pruebas que demuestren que dichas superaciones son atribuibles a fuentes naturales.
- Cuando la Comisión haya sido informada de la existencia de una superación atribuible a fuentes naturales con arreglo al apartado anterior, dicha superación no se considerará tal a efectos de lo dispuesto en la presente Directiva.
- La Comisión publicará a más tardar el 11/06/2010 unas directrices para la demostración y sustracción de las superaciones atribuibles a fuentes naturales.”

En el artículo 2 de la Directiva 2008/50/CE se define “aportaciones de fuentes naturales” como las emisiones de agentes contaminantes no causadas directa ni indirectamente por actividades humanas, lo que incluye los fenómenos naturales tales como erupciones volcánicas, actividades sísmicas, actividades geotérmicas o incendios de zonas silvestres, fuertes vientos, aerosoles marinos o resuspensión atmosférica o transporte de partículas naturales procedentes de regiones áridas. Por lo tanto, una de las fuentes a las que se les pueden aplicar explícitamente los descuentos descritos en la guía de la Comisión es el aerosol marino y la metodología para identificar y cuantificar su contribución, que se puede restar de la concentración medida, se describe y discute en esta guía.



8.2. PRINCIPIOS FUNDAMENTALES

Para restar las contribuciones naturales es necesario proporcionar la demostración y la cuantificación de esta contribución a las concentraciones reales de manera robusta. Por lo tanto, los Estados miembros deben respetar un conjunto mínimo de requisitos o criterios, en lo sucesivo referido como los "principios fundamentales".

Se establecen seis principios fundamentales que la Comisión tiene que aplicar al evaluar las atribuciones que los Estados Miembros hacen a fuentes naturales:

- las contribuciones no deben ser causadas por actividades humanas directas o indirectas;
- la cuantificación de la contribución natural debe ser suficientemente precisa;
- la cuantificación de la contribución natural debe ser coherente con el periodo promedio del valor límite;
- la cuantificación de las fuentes naturales debe ser atribuida espacialmente;
- las contribuciones se deben demostrar basándose en una evaluación sistemática del proceso;
- la cuantificación de las fuentes naturales debe demostrarse para cada uno de los contaminantes por separado.

LA CONTRIBUCIÓN NATURAL NO DEBE SER CAUSADA POR ACTIVIDADES HUMANAS DIRECTAS O INDIRECTAS:

Para que se permita el descuento, la contribución de una fuente natural no puede ser influenciada, mediada, obstaculizada o limitada por la acción humana. No se restarán de las concentraciones de contaminantes medidas los aportes de partículas formadas por la interacción de compuestos naturales con compuestos antropogénicos, así como todas las emisiones naturales que pueden ser controladas en cierta manera si se toman las medidas apropiadas. En consecuencia la agricultura (incluidos animales de granja de cría) no puede ser considerada una fuente natural porque los animales domésticos pueden ser plenamente controlados por sus amos y por lo tanto no son una fuente natural.

De acuerdo con la definición de contribución natural, deberán facilitarse las siguientes evidencias en la descripción del método:

- que la "contribución identificada" tiene origen natural;
- que la "contribución identificada" no deriva de las interacciones entre compuestos naturales y compuestos antropogénicos;
- que la acción humana no podía evitar o reducir el significativamente la "contribución identificada".

LA CUANTIFICACIÓN DE LA CONTRIBUCIÓN NATURAL DEBE SER SUFICIENTEMENTE PRECISA:

- De conformidad con el artículo 20.2 de la Directiva 2008/50/CE, una superación no será considerada como tal a efectos de la Directiva si la Comisión ha sido informada de que esta excedencia se puede atribuir a fuentes naturales, de acuerdo con el artículo 20.1 de la Directiva. Esto implica que la contribución de un evento natural específico o la contribución de fondo natural necesita ser expresada en términos numéricos con el fin de hacer posible su identificación y distinguir los componentes antropogénicos y naturales de las concentraciones observadas. Esto se puede hacer de varias maneras, como se discute en detalle en el capítulo 4 de la guía.



- La cuantificación de la contribución natural debe ser lo más precisa posible. Cada evaluación tiene incertidumbres que los Estados miembros deben considerar. Se debe utilizar en todo momento la mejor estimación, en contraposición a estimaciones bajas o altas. Al abordar las incertidumbres, los Estados miembros deben eliminar todo sesgo de los resultados, en particular, los artefactos introducidos por contribuciones antropogénicas. Los Estados miembros deben tratar de identificar las contribuciones de diferentes fuentes naturales elegibles (y después sumarlas si es necesario) en lugar de a través del proceso de eliminación sucesiva contribuciones antropogénicas conocida. El "desconocido" en la fuente prorrateo no puede ser considerado como contribuciones naturales.
- Las incertidumbres de la cuantificación deben ser proporcionadas al informar.

LA CUANTIFICACIÓN DE LA CONTRIBUCIÓN NATURAL DEBE SER COHERENTE CON EL PERIODO PROMEDIO DEL VALOR LÍMITE.

Cada valor límite tiene un período de promedio definido, que describe el intervalo de tiempo durante el cual las concentraciones medidas se promedian. Los valores límite para los contaminantes regulados y sus períodos medios respectivos se establecen en los anexo XI y XIV de la Directiva 2008/50/CE y en el Anexo I del RD 102/2011. Se resumen a continuación los referidos a partículas:

Compuesto	Valor límite	Concentración	Nº superaciones máximas
PM ₁₀	Media anual	40 µg/m ³	
	Media diaria	50 µg/m ³	35 veces/año
PM _{2,5}	Media anual	25 µg/m ³	

Tabla 5. Valores límite para PM₁₀ y PM_{2,5}

Las contribuciones naturales relevantes para esta guía se pueden dividir en dos subgrupos:

- El primer tipo consiste en eventos que se producen de forma ocasional y con una duración limitada en un período a corto plazo, por ejemplo, un par de días. En consecuencia, este tipo afecta en su mayoría a los valores límite horarios y diarios. Incluye el transporte de polvo al sur del Sahara y los incendios forestales.
- El segundo tipo de aporte natural, por ejemplo aerosol marino, tiene lugar de forma continua, aunque con diferente intensidad. Por tanto, este tipo de contribución puede ser interpretado también como aporte natural de fondo y puede afectar significativamente los valores límite a corto plazo (VLd), así como al valor límite anual.

El hecho de que tenga lugar un evento de contribución natural y su intensidad no es constante en el tiempo. La concentración de la precarga también puede variar considerablemente. Como consecuencia, se debe identificar el aporte de una fuente natural dada a la concentración medida durante el período promedio apropiado para que la contribución se pueda descontar. Si no es así, la contribución no es elegible para el descuento.

Para descontar una contribución de origen natural durante una hora en particular, días u otros períodos de promedio a corto plazo, los resultados del monitoreo deben reconocer todos los eventos a corto plazo de forma independiente.

Se desaconseja el uso de una cantidad media anual para cuantificar la contribución a corto plazo (por ejemplo, la curva estadística que correlaciona la media anual y el número de superaciones). Se puede considerar su uso si se demuestra debidamente que la cantidad sustraída es representativa en cada caso con respecto a las condiciones de la metodología a corto plazo. Por ejemplo, en el caso del aerosol marino, bajas velocidades de viento darán lugar a períodos de baja contribución sal marina, pero simultáneamente puede haber altos valores de PM causados por fuentes antropogénicas y esto podría llevar a una superación del valor límite diario ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$). En este caso hay una clara anti-correlación entre la contribución sal marina y la superación, lo que demuestra que la contribución al promedio anual del aerosol marino no se puede utilizar para atribuir superaciones individuales de concentraciones medias diarias de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sin embargo, se pueden utilizar en la evaluación del cumplimiento del valor límite anual.

Sin embargo, se considera una práctica aceptable el uso de la 'resta de la concentración' en el término a corto plazo (media diaria) para el cálculo la 'resta de la concentración' del término a largo plazo (media anual). Las medias diarias que se recalculan restando la contribución diaria a partir de fuentes naturales se pueden usar para calcular una nueva media anual.

LA CUANTIFICACIÓN DE LAS FUENTES NATURALES DEBE SER ATRIBUIDA ESPACIALMENTE.

En cada lugar en particular donde se produce una superación del VL, es necesario demostrar que existe una cierta contribución de fuentes naturales. No se puede concluir a partir de la aparición comprobada de una contribución natural en un lugar que esta contribución está presente también en otro sitio diferente.

La determinación de la representatividad de la estación de medición y la modelización desempeñan papeles importantes en la aplicación de este principio, ya que las contribuciones naturales siempre exhiben una significativa variación espacial.

LAS CONTRIBUCIONES SE DEBEN DEMOSTRAR BASÁNDOSE EN UNA EVALUACIÓN SISTEMÁTICA DEL PROCESO.

La ocurrencia de una contribución natural se debe visualizar en un conjunto sistemático y continuo de mediciones. Una contribución natural debe provocar características distintas en la serie de concentraciones medidas que se deben localizar en los procesos de validación de los datos. Por ejemplo, el evento de contribución natural puede exhibir características temporales o una forma química distinta a la habitual.

LA CUANTIFICACIÓN DE LAS FUENTES NATURALES DEBE DEMOSTRARSE PARA CADA UNO DE LOS CONTAMINANTES POR SEPARADO.

La presencia demostrada de una contribución natural para un determinado contaminante no prueba necesariamente que la misma cuantificación se puede extrapolar a cualquier otro contaminante. Por tanto, el descuento para una fuente natural necesita ser demostrada para cada contaminante individualmente.

Ejemplos típicos de este caso son las partículas PM_{10} y su subfracción $\text{PM}_{2.5}$. El aerosol marino o el polvo del Sahara tienen características de distribución de tamaños distintas y su impacto debe ser evaluado individualmente para PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$.

8.3. FUENTES NATURALES ELEGIBLES

CONCEPTO DE FUENTES ELEGIBLES

En relación con la demostración del cumplimiento de los valores límite, no se decide por el tipo de aporte natural si una contribución natural se puede descontar o no, sino más bien, por la satisfacción con que describen los "principios fundamentales" del apartado anterior. La carga de la prueba recae en los Estados miembros.

En el apartado siguiente se presenta una lista con diferentes tipos de contribución natural que la Comisión considera que se pueden descontar de acuerdo con los requisitos de la Directiva 2008/50/CE. En el apartado 4 de la Guía se describen los métodos disponibles que siguen los principios fundamentales para estas contribuciones naturales. La lista no es exhaustiva y los Estados miembros son libres de ofrecer la cuantificación y la evidencia relacionada de otras contribuciones, siempre y cuando se cumplan los principios fundamentales establecidos. Las contribuciones de las demás fuentes naturales no incluidas en la lista se pueden descontar en consecuencia, pero está sujeto a la aprobación por la Comisión.

Al final de este apartado se da la lista de posibles fuentes naturales para las que la Comisión opina que el nivel actual de conocimientos no puede justificar que se considere ninguna contribución para el descuento.

LISTA NO EXHAUSTIVA DE CONTRIBUCIONES DE FUENTES NATURALES ELEGIBLES

En la guía de la Comisión se describen las principales características de las contribuciones de fuentes naturales elegibles, que son:

- El transporte de partículas naturales de procedentes de regiones áridas
- El aerosol marino
- Las erupciones volcánicas, actividad sísmica y actividad geotérmica
- Los incendios de zonas silvestres.

Para este informe vamos a centrarnos únicamente en la descripción del aerosol marino. Se caracteriza básicamente por su origen y se distinguen dos grupos:

- a) uno de origen primario, principalmente la sal del mar (una fracción de partículas de azufre orgánicos primarios), y
- b) uno de origen secundario, que consiste principalmente en sulfato de sal no marina y materia orgánica, ambas producidas por la conversión de gas a partícula.

La sal marina es cuantitativamente el principal contribuyente a la masa de aerosol marino. La formación de la espuma del mar se produce con mayor intensidad durante los episodios de viento elevadas, en particular en los Estados miembros del norte de la UE. A la hora de descontar la contribución del aerosol marino debe tenerse en cuenta su variabilidad, junto con la anticorrelación existente entre la concentración de la sal marina y los valores PM causados por fuentes antropogénicas.

LISTA NO EXHAUSTIVA DE CONTRIBUCIONES DE FUENTES NATURALES NO ELEGIBLES

En el apartado 3.3 de la guía de la Comisión se describen las principales características de las llamadas contribuciones de fuentes naturales no elegibles, debido a que según la Comisión, el estado del conocimiento actual no permite aplicar los descuentos.

Para este informe, únicamente listamos estas fuentes:

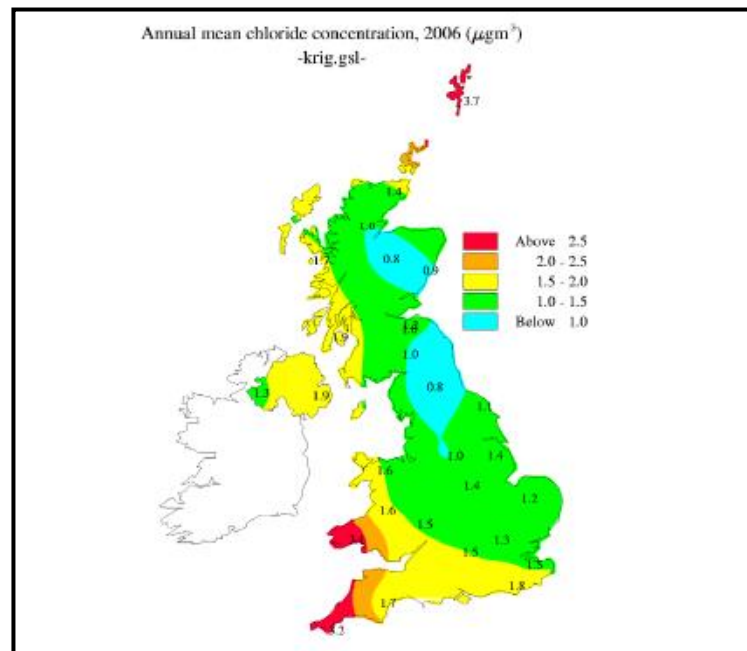
- La resuspensión atmosférica
- Las partículas primarias de aerosol biológico (PBAP)
- Las partículas secundarias de aerosol biológico

8.4. METODOLOGÍA DE DESCUENTO DE LAS CONTRIBUCIONES DE FUENTES NATURALES.

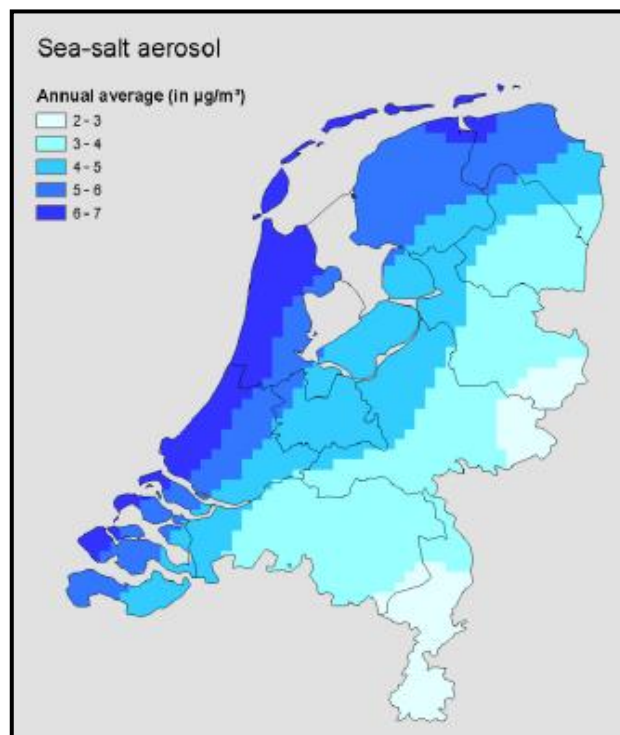
El apartado 4 de la guía de la comisión describe la metodología que hay que seguir para identificar y aplicar el descuento atribuido a las contribuciones de las distintas fuentes naturales de la lista de las elegibles. Como la guía tiene carácter subsidiario de la Directiva, no pretende prescribir métodos obligatorios ni cubrir todas las fuentes naturales específicas que puedan existir en todos los Estados miembros. Las metodologías presentadas en este capítulo derivan de los métodos existentes utilizados en algunos Estados miembros para identificar y cuantificar la contribución natural, que se han elegido y presentado con el objetivo principal de mostrar cómo una metodología puede cumplir con los requisitos mínimos establecidos por los principios fundamentales describen en el Apartado 7.2. Las metodologías descritas deben ser considerados como ejemplos aseados que, cuando se apliquen, se deben adaptar a las especificidades del Estado miembro y se pueden mejorar para aumentar su exactitud y precisión, teniendo en cuenta los conocimientos nuevos y futuros.

Para este informe, únicamente nos vamos a centrar en la **metodología aplicable para la determinación de la contribución del aerosol marino a la materia particulada.**

La sal marina es una fuente natural importante que podría afectar a las concentraciones de material particulado de manera significativa. Se ha evaluado que el descuento de la aportación de sal marina podría tener un impacto relevante en el cálculo de las superaciones del límite de 24 horas para PM₁₀ (de Leeuw et al. 2009). La contribución de la espuma del mar varía en todo el territorio ya que suele exhibir un fuerte gradiente de concentración muy cerca de la costa, como se muestra en las Gráficas 21 y 22, extraídas de la Guía de la Comisión del 15/02/2011.



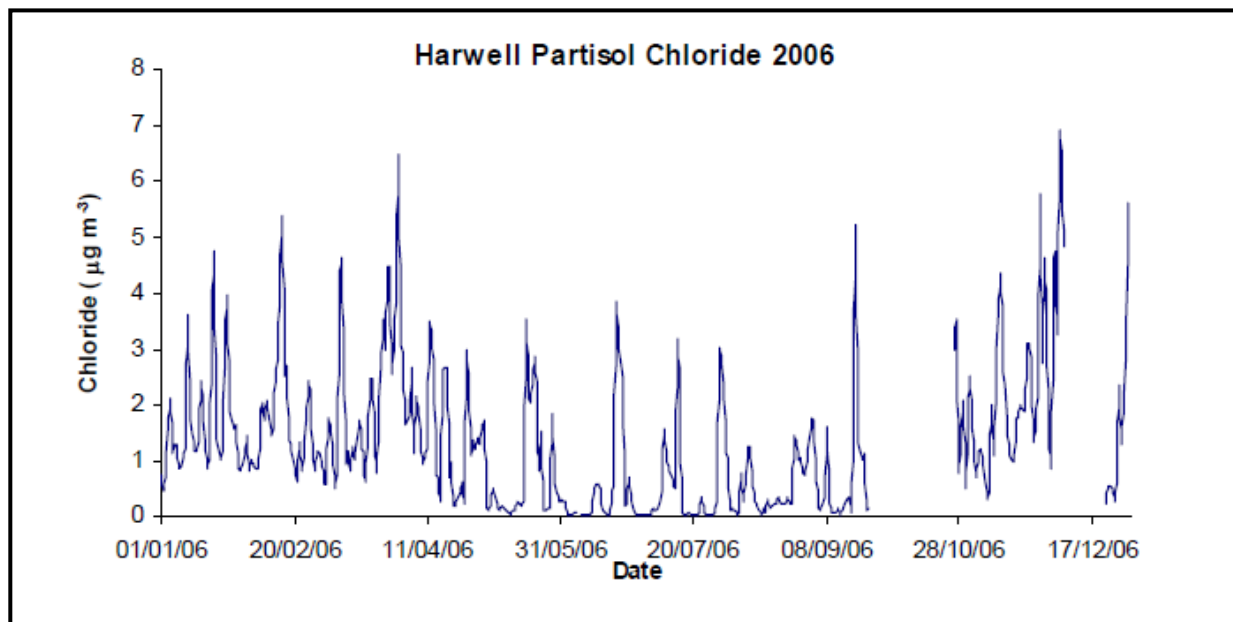
Gráfica 21. Mapa con la interpolación de la concentración de Cl⁻ en 2006 en Reino Unido en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Stedman 2009)



Gráfica 22. Contribución media anual del aerosol marino a la concentración de partículas en los Países Bajos. La estimación se basa en la interpolación de los resultados de monitorización y se ha combinado con supuestos sobre la distribución de la sal marina en la costa holandesa (Eerens et al. 1998, Eerens 1998)



Es importante subrayar que la contribución diaria de la sal marina es claramente muy episódica, con un pequeño número de días con alta concentración superpuesta sobre una concentración de fondo relativamente baja. Esto se ilustra en la Gráfica 23, que muestra mediciones diarias de concentraciones de cloruro en Harwell (Reino Unido) en 2006.



Gráfica 23. Concentración media diaria de Cl en Harwell en 2006.

La formación de la espuma del mar se produce con mayor intensidad durante los episodios de alta velocidad del viento, especialmente en la parte norte de Europa. De ahí que estos eventos ocurran durante concentración de PM₁₀ ambiental relativamente baja, debido a las condiciones atmosféricas de mezcla favorables. Por el contrario, las condiciones de baja velocidad del viento, en general, tienden a conducir a niveles más altos de PM₁₀ ambiente, mientras que la contribución potencial de la espuma del mar es menor. Los datos que muestran la correlación entre la concentración de Na⁺ (utilizado como trazador de la sal), la dirección del viento y velocidad del viento, y la anticorrelación entre la concentración de la sal del mar y la concentración de PM₁₀ se han recogido en los Países Bajos y publicado en el informe BOP 'La contribución de sal marina para PM₁₀ y PM_{2,5} en los Países Bajos (Manders et al. 2009).

Para descontar la contribución la sal marina de los valores medios diarios de PM₁₀ siguiendo los principios fundamentales 3 y 4, es necesario elegir un método que permita cuantificar el impacto de la contribución de la sal marina en base diaria e identificar la variación espacial de esta contribución a través del territorio.

Hay ejemplos disponibles de metodologías que estiman la contribución de sal marina sobre la base de elementos trazadores como el sodio y el cloruro, pero por el momento no hay cobertura espacial suficiente para producir mapas fiables de la concentración de sal marina sobre una base diaria.

El método descrito a continuación se basa en el análisis químico de las muestras de PM₁₀ de 24 horas para determinar las superaciones debidas a la contribución de sal marina en el punto de muestreo de PM₁₀ individual.

La estimación de la contribución natural de la sal marina en una base anual se puede lograr de manera adecuada mediante la aplicación de campañas de medida y la modelización. Sin embargo, estas estimaciones anuales no se pueden interpretar como la contribución a un día en particular. A los Estados miembros también se les recomienda no utilizar este tipo de estimaciones anuales en el prorrateo del origen de las emisiones preceptivo en las medidas de reducción de un plan de calidad del aire, ya que puede conducir a futuras superaciones de los valores límite debido a la sobreestimación de las contribuciones de fuentes naturales durante episodios de alta contaminación.

CUANTIFICACIÓN DE LOS EPISODIOS DE SAL MARINA

La contribución de la espuma del mar puede estar presente durante todo el año, pero con mayor o menor intensidad. En este documento se sugiere realizar el análisis de la composición química de las muestras de aerosol diarias o, al menos de, uno de los componentes principales de la sal marina para identificar y cuantificar su contribución.

El cálculo de la contribución de la sal marina se relaciona con la especiación de los iones inorgánicos en las muestras recogidas de aerosol que están presentes en la composición media del agua de mar y que se muestran en la Tabla 6.

Ión	Valencia	Concentración en mg/kg	% en peso	Peso molecular	Concentración en $\mu\text{mol/kg}$
Cloruro (Cl ⁻)	-1	19 345	55.03	35.453	546
Sodio (Na ⁺)	+1	10 752	30.59	22.990	468
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	-2	2 701	7.68	96.062	28.1
Magnesio (Mg ²⁺)	+2	1 295	3.68	24.305	53.3
Calcio (Ca ²⁺)	+2	416	1.18	40.078	10.4
Potasio (K ⁺)	+1	390	1.11	39.098	9.97
Bicarbonato (HCO ₃ ⁻)	-1	145	0.41	61.016	2.34
Bromuro (Br ⁻)	-1	66	0.19	79.904	0.83
Borato (BO ₃ ³⁻)	-3	27	0.08	58.808	0.46
Estroncio (Sr ²⁺)	+2	13	0.04	87.620	0.091
Fluoruro (F ⁻)	-1	1	0.003	18.998	0.068

Tabla 6. Composición iónica de la sal marina

Los principales iones en las muestras de aerosol son cloruro, sodio, sulfato, magnesio, calcio y potasio, que se pueden analizar de forma rutinaria, por ejemplo, por medio de cromatografía iónica.

Sabemos que el Na⁺ puede tener origen mineral (fracción insoluble), pero el Na⁺ soluble suele ser marino, sobre todo cuando se está tan cerca de la fuente, como es nuestro caso. El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire se puede utilizar para validar esta hipótesis.

Si tenemos en cuenta que todo el Na⁺ tiene origen marino primario, la fracción de otros iones en la sal marina se puede calcular utilizando las relaciones estequiométricas entre el Na⁺ y el resto de iones presentes en el agua de mar, como por ejemplo, de sulfato de sal marina (ssSO₄²⁻).

$$[ssSO_4^{2-}] = [Na^+] \times \frac{7.68}{30.59}$$

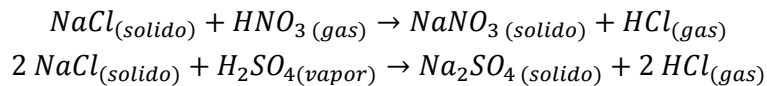


donde $[Na^+]$ es la masa de sodio medida y $[ssSO_4^{2-}]$ es la masa de sulfato debida a la contribución de la sal marina; 7.68 y 30.59 en la expresión anterior son las contribuciones porcentuales de sulfato y sodio a la salinidad del agua de mar. Del mismo modo, la contribución de sal marina para otros iones se puede calcular de acuerdo con los porcentajes indicados en la Tabla 6. La suma de los $[ss\text{-}iones]$ es el aporte de sal marina a la concentración total de PM_{10} .

No se recomienda el uso de cloruro como un ion de referencia para calcular la contribución de sal marina porque sus observaciones tienen un amplio margen de incertidumbre.

Además, el aerosol marino no es la única fuente que aporta cloruro a partículas atmosféricas. Por ejemplo, el HCl se emite en la quema de carbón, a pesar de que la disminución del uso de carbón y de las medidas de reducción de gases de combustión es probable que hayan reducido las emisiones de HCl atmosféricas considerablemente.

Por otra parte, el cloruro se puede eliminar del aerosol de sal marina debido a las reacciones con HNO_3 y H_2SO_4 :



Por lo tanto, el sodio es un mejor indicador para la sal marina que el cloruro y se debe preferir al analizar la composición de PM. El uso de cloruro es aceptable siempre y cuando se consideran los sesgos potenciales. (Reino Unido impugna explícitamente esta metodología de evaluación y sus supuestos, en particular, las limitadas fuentes de sodio antropogénico. Además, afirma que mediante el uso del sodio es probable realizar una sobreestimación, ya que el ion cloruro perdido en la fase de gas también tendría en cuenta, cuando ya no es una forma de partículas).

Un método más sencillo y ampliamente utilizado para calcular la contribución sal de mar, considera sólo el sodio o el cloruro como trazador para la contribución del aerosol marino. La contribución se calcula suponiendo que la sal marina está compuesta solamente por NaCl y que todos Na^+ y Cl^- se asocian en cloruro de sodio. Por lo tanto, de acuerdo con la composición del agua del mar:

$$Sal\ marina = \frac{100}{55} \times [Cl^-] = 1.8 \times [Cl^-]$$

o

$$Sal\ marina = \frac{100}{30.6} \times [Na^+] = 13.27 \times [Na^+]$$

o

$$Sal\ marina = ([Na^+] + [Cl^-]) \times 1.168$$

La masa de la sal marina calculada con estos procedimientos se puede descontar de la media diaria de PM_{10} en ese punto de muestreo.

REPRESENTATIVIDAD ESPACIAL, APLICACIÓN EN TODO EL TERRITORIO

La metodología de descuentos presentada anteriormente sólo es aplicable en el área espacial para la cual se determina la representatividad espacial de la medición (punto de medida=estación de calidad del aire). Cualquier aplicación más amplia, debe apoyarse en los resultados de modelo y ser validada a través de un número adecuado de medidas de la composición de PM.

Actualmente no existe una metodología prescrita para la determinación de la representatividad espacial de la medición de la contribución de la sal marina. Las metodologías potenciales incluyen monitorización indicativa en la zona y la dispersión que rodea la modelización del mar como fuente específica. Se supone que las condiciones de topografía y viento locales juegan un papel importante.

DISCUSIÓN CRÍTICA

El cálculo basado solamente en el cloruro está potencialmente sujeto a ambos artefactos, positivos y negativos. Como se mencionó anteriormente, la sal marina no es la única fuente de cloruro a las partículas atmosféricas. Actualmente, el sodio se considera un mejor indicador para la sal marina que el cloruro, sin embargo, hay incertidumbres asociadas con sus fuentes antropogénicas y se puede dar una sobreestimación, ya que el cloruro que se pierde en la fase de gas también se tendría en cuenta, cuando ya no forma parte de las partículas. Si es posible, se deben considerar tanto el sodio como el cloruro, para reducir la incertidumbre.

Con el fin de demostrar que una superación del valor límite diario es atribuible a fuentes naturales (el aerosol marino en este caso), se deberá demostrar que en ese día específico la excedencia fue causada por la contribución natural y esto sólo puede ocurrir a través de su cuantificación.

Se debe tener en cuenta la naturaleza episódica de la contribución de sal marina. Por lo tanto, la cobertura temporal de las mediciones de la composición química de las partículas debe ser lo más amplia posible y se deben seguir las consideraciones sobre los objetivos de calidad de datos para las mediciones cuando la cobertura de tiempo no es del 100%.

La metodología basada en promedios anuales no parece ser suficiente para investigar las causas de las medias diarias, ya que las condiciones meteorológicas que conducen a esas contribuciones elevadas son muy específicas. Por este motivo, no se recomiendan las metodologías basadas en el determinado aporte de otros días (distintos al día en que se produce la superación del VLd) o la relación estadística entre el valor medio anual y el número de días que excedan $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Esas metodologías sólo se pueden utilizar si se demuestra que sus resultados son representativos de cada día en cuestión, y en particular, que no se sobreestima el número de días en los que la superación del VLd se atribuye a la concentración de la sal marina.

Si bien se supone que el análisis químico de sodio o cloruro junto con la modelización que garantiza la representatividad espacial adecuada, es un método apropiado para cuantificar el impacto de la espuma del mar sobre las concentraciones de PM_{10} , es importante tener en cuenta cualquier sobreestimación potencial. Además cualquier extrapolación de la evaluación en un punto a una zona más amplia requiere una justificación a través del análisis de representatividad, modelización validada, etc.



8.5. SUPERACIONES MEDIDAS Y MODELIZADAS

La Directiva 2008/50/CE reconoce las mediciones fijas, así como mediciones indicativas y los cálculos de los modelos (o combinaciones de éstos) como métodos jurídicamente válidos para la evaluación de las superaciones de los estándares de calidad del aire ambiente. Antes de realizar un proceso de descuento, se deben llevar a cabo algunas deliberaciones sobre la metodología que se ha utilizado para determinar la superación.

Cuando la evaluación de la calidad del aire se realiza con mediciones fijas o mediciones indicativas, utilizando los controles de calidad adecuados para el aseguramiento de la calidad, el proceso de descuento debe llevarse a cabo sin más al respecto. La contribución física identificada con la metodología adecuada se resta a la concentración medida con el fin de obtener el valor 'neto'.

Cuando la evaluación de la calidad del aire se realiza con el uso de modelos o cuando se combinan dos métodos, tales como la medición y el modelo, debe tenerse en cuenta lo siguiente antes de llevar a cabo el proceso de descuento:

1. Cuando el modelo utilizado para evaluar la calidad del aire tiene en cuenta para sus resultados la contribución de una fuente natural específica adecuada para el descuento (por ejemplo, el modelo contiene un módulo que reproduce la fuente de aerosol marino e incluye su contribución en el cálculo de la cantidad total de PM_{10}), esa cantidad de partículas que el modelo atribuye a la fuente natural específica se puede descontar. En otras palabras, el modelo debe ejecutarse mediante el establecimiento a cero de la contribución de la fuente natural que sea adecuada para el descuento con el fin de obtener la concentración neta.
2. Cuando el modelo utilizado para evaluar la calidad del aire no tiene en cuenta para sus resultados la contribución de una fuente natural específica adecuada para el descuento, no debe llevarse a cabo el descuento de la contribución de esta fuente natural (por ejemplo, no se podrá hacer el descuento por la contribución de la erupción de un volcán las superaciones se han detectado con un modelo que no tiene en cuenta este episodio erupción en su cálculo).
3. Cuando los resultados del modelo utilizado para evaluar la calidad del aire se ajustan a las mediciones o cuando el modelo y las mediciones se combinan en la asimilación de datos, se presenta una situación más complicada: la contribución de una fuente natural específica adecuada para el descuento, así como de todas las demás fuentes, ha sido escalada implícitamente para compensar desajustes entre el modelo y los resultados de la medición. En un caso de descuento de la contribución natural basada en mediciones o en otra técnica específica, se prefiere el método más fiable.

Cuando se utiliza una técnica de modelización para evaluar la calidad del aire, el proceso de descuento debe estar bien documentado, no sólo en cuanto a la cuantificación de la fracción que se va a descontar, sino también en la descripción de cómo se ha calculado la concentración total, asegurando la coherencia y la transparencia del proceso.



8.6. DOCUMENTACIÓN E INFORMES

Para la aplicación de lo dispuesto en el artículo 20 de la Directiva 2008/50/CE, se tiene que documentar la determinación de las contribuciones naturales. Los documentos se pondrán a disposición de la Comisión y al público (en línea o en EIONET CDR20), actualizándolos anualmente si es necesario, para demostrar la contribución natural en las superaciones individuales de los valores límite de los contaminantes en el año reportado.

No hay requisitos específicos para la estructura del documento, pero tiene que incluir:

- una referencia explícita al objetivo (aplicación del artículo 20),
- el papel o la participación de la autoridad competente o el organismo designado en virtud del artículo 3 de la Directiva 2008/50/CE para la evaluación de la calidad del aire ambiente,
- alcance temporal y espacial (zonas de calidad del aire y superaciones individuales),
- descripción de la metodología,
- la identificación y cuantificación de la información incluyendo evidencias de apoyo tales como las el análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire, etc.

La aplicación de los principios fundamentales tiene que ser identificable en el documento. Se debe incluir o referenciar en el documento la información adicional específica para la aplicación del Artículo 20 enfocado a las contribuciones naturales que no se consideran explícitamente elegibles en esta guía (por ejemplo, incendios forestales).

La información sobre las superaciones de los valores límite debidas a las aportaciones naturales se reportan actualmente como parte del cuestionario establecido por la Decisión 2004/461/EC. Incluso si la justificación se proporciona en la documentación separada, la información esencial sobre el impacto cuantificado con referencia al documento explicativo tiene que ser proporcionada en el cuestionario. De lo contrario, la aplicación de la disposición de los Estados miembros en virtud del artículo 20 de la Directiva 2008/50/CE no será considerada a los fines de la evaluación del cumplimiento de los valores límite de la Comisión.

En el Formulario 8 del cuestionario establecido en la Decisión 2004/461/CE se comparan a nivel de zonas, los resultados de evaluación del contaminante "total original" con los valores límite y cualquier margen aplicable de tolerancia, mientras que los valores de PM₁₀ con los descuentos debidos a las contribuciones naturales, pueden hacer que en algunas zonas se cumplan los valores límite.

Se deben proporcionar en el Formulario 23a del cuestionario el número de superaciones del PM₁₀ VLd de 50 µg/m³ total, así como el número de superaciones una vez aplicado el descuento por causas naturales. Las concentraciones medias anuales que superan el valor límite a largo plazo, así como los resultados del descuento por aportes naturales, se deben reportar en el Formulario 23b. Los casos individuales de superación se presentan en los Formularios 11h y 11i.

9. DEMOSTRACIÓN DE LA CONTRIBUCIÓN DEL AEROSOL MARINO A LAS SUPERACIONES DEL VLD DE PM₁₀ EN A CORUÑA EN 2014

9.1. INSTALACIÓN DE CAPTADORES GRAVIMÉTRICOS DE PM

Desde que se encontraron indicios que mostraban como plausible la hipótesis de que el aerosol marino podía ser el causante de las elevadas concentraciones de PM₁₀ en la estación Torre de Hércules, se llevaron a cabo una serie de actuaciones instalando captadores gravimétricos y realizando el análisis químico de los filtros para demostrarla.

En la estación Torre de Hércules se realiza la toma de muestras para el cálculo del IME. A causa de algunos problemas técnicos, hasta el 21/05/2014 no se instaló el CAV Digitel DHA-80 con cabezal de PM_{2,5} para realizar el muestreo del IME que vemos en la Imagen 13. Inicialmente pensamos en analizar la composición de aniones y cationes en estos filtros para ver si la influencia del aerosol marino se hacía patente.



Imagen 13. CAV Digitel DHA-80 con cabezal PM_{2,5} en Torre de Hércules.

Al conocer la metodología de demostración de las superaciones atribuibles a fuentes naturales del Documento de Trabajo de la Comisión del 15/02/2011, fuimos conscientes de la necesidad de instalar un captador gravimétrico de PM₁₀ en la estación Torre de Hércules. Así, como vemos en la Imagen 14, el 22/11/2014 se instaló un CAV Digitel DHA-80 en esta estación. El objetivo era analizar la concentración de Na⁺ en estos filtros y aplicar la metodología de descuentos.



Imagen 14. Captadores gravimétricos con cabezales PM_{10} y $PM_{2,5}$ en la estación Torre de Hércules.

Sin embargo, una vez que conocimos el trabajo realizado por A. M. M. Manders en el trabajo titulado “La contribución de la sal marina al PM_{10} y $PM_{2,5}$ en Holanda”, pensamos que podíamos utilizar los datos obtenidos en los filtros de $PM_{2,5}$ de Torre para comprobar cuanto sodio presente en la fracción PM_{10} está presente también en la fracción $PM_{2,5}$, y si existe alguna relación entre ambas fracciones. En la Imagen 15 vemos los dos captadores gravimétricos en la estación, con la Torre de Hércules que le da nombre al fondo.



Imagen 15. Captadores gravimétricos con cabezales PM_{10} y $PM_{2,5}$ Torre de Hércules.



Por último, dado que en Riazor tenemos un LVS con cabezal PM_{10} para analizar Benzo(a)Pireno y Metales, decidimos analizar también la concentración de Na^+ en los filtros para ver cómo ésta decae con la distancia al mar. En la Imagen 16 se muestra el LVS Derenda LVS 3.1 con cabezal PM_{10} que estaba instalado en Riazor desde 26/06/2014 hasta la actualidad. En un principio se localizó en el suelo, pero finalmente se decidió subir el equipo al techo de la estación, donde permaneció hasta final de 2014.



Imagen 16. Derenda LVS 3.1 con cabezal PM_{10} en la estación Riazor.

9.2. RESULTADOS DE LA GRAVIMETRÍA: DICIEMBRE 2014.

El Laboratorio de Medio Ambiente de Galicia, perteneciente a la Subdirección Xeral de Meteoroloxía e Investigación de la Xunta de Galicia, realizó el pretratamiento de los filtros, el muestreo, el tratamiento posterior de los filtros, la determinación gravimétrica así como todos los cálculos necesarios para la intercomparación e interpretación de los resultados. El LMAG está acreditado por ENAC en la Norma UNE-EN ISO/IEC17025 para realizar este procedimiento conforme a la UNE-EN ISO/IEC 12341.

La campaña de muestreo se realizó entre el 29/11/2014 y el 31/12/2014 en las ubicaciones y con los equipos descritos en el apartado 8.1. El tiempo de muestreo es de 24 horas, desde las 08:00 hasta las 08:00 horas (UTC), obteniendo muestras diarias. Los equipos cuentan con cargadores para el análisis secuencial de 15 filtros, y cada día en el que se realiza la retirada del cargador con los filtros muestreados y la posterior programación de un nuevo muestreo, se comprueba el correcto funcionamiento del equipo y se realizan las tareas de limpieza adecuadas. Una muestra se considera válida si el tiempo de muestreo es superior a 23 horas, en caso contrario, la muestra se rechaza.

Como elemento de retención se emplearon filtros de fibra de cuarzo Munktell de 150 mm de diámetro para los CAV y de 47 mm para el LVS, acondicionados durante 48 horas antes de la pesada en la sala de balanzas, que se



muestra en las Imágenes 17 y 18, a $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ de temperatura y $50\pm 5\%$ de humedad relativa. Un los casos en que se trata de la medida de PM_{10} , el tratamiento de los filtros se realizó según la Norma UNE-EN 14907:2006, relativa a la medida de $\text{PM}_{2,5}$, por ser una Norma más restrictiva.



Imagen 17. Sala de balanzas del LMAG, con T y Hª controladas (exterior).



Imagen 18. Sala de balanzas del LMAG, con T y Hª controladas (interior).

Como podemos ver en la Imagen 18, la balanza utilizada para la pesada de los filtros se encuentra instalada en la sala de balanzas descrita anteriormente, y en cada sesión de pesada se comprueban las condiciones de la sala de balanzas y se documentan.

Todos los registros cumplen las condiciones descritas en la “Guía para los estados miembros sobre medidas de PM_{10} e intercomparación sobre el método de referencia”.

Los filtros se manejan con pinzas de teflón. Antes de usarlos se comprueba visualmente empleando una lámpara de luz visible, para detectar defectos tales como agujeros o pérdidas de material que ocasionarían errores en la recolección de la muestra de PM.

Al comienzo de cada sesión de pesada se verifica el correcto funcionamiento de la balanza con pesas de referencia, de masas similares a los filtros, concretamente con la pesa de 1 g. Además, en la sala de balanzas se mantienen los filtros blancos de referencia del mismo tamaño y material que los que se usan para el muestreo. Su peso se registra en cada sesión de pesada. Si las masas de los filtros blancos de referencia cambiaron menos de 500 µg en los filtros de 150 mm o de 40 µg en el caso de los filtros de 47 mm desde la última sesión de pesada, se registra su masa media y se procede a la pesada de los filtros con muestra. En caso contrario, no se pesan los filtros con las muestras hasta que la diferencia de pesada de los blancos de referencia sea menos de 500 µg en el caso de filtros grandes y de 40 µg en el caso de filtros pequeños.

Los filtros blancos para el muestreo se pesan dos veces con un intervalo de 24 horas. Si la diferencia entre ambas pesadas no es superior a 500 µg en los filtros de 150 mm o de 40 µg en los filtros de 47 mm, se considera que el filtro es estable, se calcula la media y el valor obtenido se toma como la masa del filtro blanco.

Después del muestreo, los filtros con la materia particulada se mantienen en la sala de balanzas durante un mínimo de 48 horas antes de la primera pesada y después de 24-72 horas se realiza una segunda pesada. Si la diferencia entre ambas pesadas no es superior a 800 µg en el caso de filtros de 150 mm o de 60 para los filtros de 47 mm, se calcula la media y el valor obtenido será el peso del filtro muestreado. La masa de PM₁₀ o de PM_{2,5} se calcula por diferencia entre el filtro antes del muestreo y el filtro después del muestreo.

A continuación se crea una base de datos con los valores de PM₁₀ o de PM_{2,5} referidos al volumen del muestreo (µg PM₁₀/m³ o µg PM_{2,5}/m³). Siguiendo las recomendaciones del "Grupo de trabajo sobre Optimización de Redes, Campañas Experimentales e Interpretación de Datos" del "V Seminario de la Calidad del Aire en España", los datos obtenidos se redondean a un número entero y se convierten a hora UTC (Tiempo Universal Coordinado) antes de su almacenamiento en la base de datos. La hora local es UTC+1 entre finales de octubre y finales de marzo y UTC+2 entre finales de marzo hasta finales de octubre. Los resultados obtenidos con los captadores gravimétricos en Torre y en Riazor, tanto para PM₁₀ como para PM_{2,5}, se muestran en la Tabla 7.

Fecha muestreo	Riazor PM ₁₀	Torre PM ₁₀	Torre PM _{2,5}
29/11/2014	36	15	14
30/11/2014	41	22	11
01/12/2014	22	20	11
02/12/2014	24	29	12
03/12/2014	22	24	28
04/12/2014	16	31	
05/12/2014		30	10
06/12/2014	18	34	9
07/12/2014	18	33	12
08/12/2014	24	57	15
09/12/2014	30	39	14
10/12/2014	24	91	3



11/12/2014	29	72	22
12/12/2014	11	29	
13/12/2014	17	34	
14/12/2014	26	28	
15/12/2014	25	43	
16/12/2014	22	50	
17/12/2014	19	45	
18/12/2014		47	
19/12/2014	21	38	
20/12/2014	32	58	
21/12/2014	24	26	
22/12/2014	26	53	24
23/12/2014	22	13	76
24/12/2014	38	51	6
25/12/2014	27		50
26/12/2014	15		33
27/12/2014	25	29	37
28/12/2014	23	24	
29/12/2014	22	48	12
30/12/2014	28		
31/12/2014	42	28	

Tabla 7. Concentración media diaria de PM_{10} y $PM_{2,5}$ obtenidas en las estaciones de Torre de Hércules y Riazor, entre 29/11/2014 y 31/12/2014.

COMPARACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS CON LOS ANALIZADORES AUTOMÁTICOS Y LOS GRAVIMÉTRICOS.

Los resultados de PM_{10} y $PM_{2,5}$ en Torre de Hércules y de PM_{10} en Riazor, tanto de los analizadores automáticos como de los gravimétricos, entre el 29/11/2014 y el 31/12/2014, se muestran en la Tabla 8. En los tres casos los datos automáticos han sido tomados con analizadores BAM 1020. Es necesario tener en cuenta que el dato de media diaria oficial obtenido con los analizadores automáticos se realiza tomando las medias diarias medidas entre las 00:00:00 y las 23:59:59 del día en cuestión. Dado que el muestreo con los captadores gravimétricos se realizó entre las 8:00:00 y las 07:59:59, las medias diarias mostradas en la Tabla 8, se han obtenido de la misma manera para poder comparar los datos en este estudio. Se muestran en rojo los días en los que hubo superación del VLD durante el mes de diciembre de 2014. Podemos observar que estas superaciones sólo tuvieron lugar en la estación Torre de Hércules.

Fecha muestreo	Riazor PM_{10}		Torre PM_{10}		Torre $PM_{2,5}$	
	Gravim.	Autom.	Gravim.	Autom.	Gravim.	Autom.
29/11/2014	36	35	15	48	14	19
30/11/2014	41	39	22	45	11	20
01/12/2014	22	22	20	17	11	8
02/12/2014	24	23	29	31	12	23
03/12/2014	22	22	24	30	28	15
04/12/2014	16	18	31	35		16
05/12/2014		28	30	33	10	15
06/12/2014	18	20	34	37	9	15



07/12/2014	18	20	33	40	12	16
08/12/2014	24	26	57	63	15	21
09/12/2014	30	13	39	46	14	18
10/12/2014	24	24	91	78	3	29
11/12/2014	29	30	72	87	22	32
12/12/2014	11	10	29	37		17
13/12/2014	17	21	34	32		15
14/12/2014	26	25	28	32		15
15/12/2014	25	23	43	47		19
16/12/2014	22	20	50	57		20
17/12/2014	19	20	45	50		18
18/12/2014		19	47	53		19
19/12/2014	21	25	38	47		21
20/12/2014	32	34	58	70		35
21/12/2014	24	28	26	35		18
22/12/2014	26	31	53	28	24	17
23/12/2014	22	24	13	37	76	19
24/12/2014	38	39	51	36	6	26
25/12/2014	27	27		40	50	21
26/12/2014	15	18		28	33	13
27/12/2014	25	33	29	44	37	19
28/12/2014	23	16	24	22		12
29/12/2014	22	27	48	21	12	13
30/12/2014	28	31		21		16
31/12/2014	42	45	28	31		26

Tabla 8. Concentración media diaria de PM_{10} y $PM_{2,5}$ obtenidas en las estaciones de Torre de Hércules y Riazaor, entre 29/11/2014 y 31/12/2014 con los analizadores automáticos y los gravimétricos

En la Tabla 9 se muestra el estadístico de los datos de PM_{10} y $PM_{2,5}$, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, obtenidos en las estaciones de Torre y Riazaor con los métodos automático y gravimétrico, entre el 29/11/2014 y el 31/12/2014: promedio, desviación estándar, máximo, mínimo, número de superaciones del VLd de PM_{10} y número de datos.

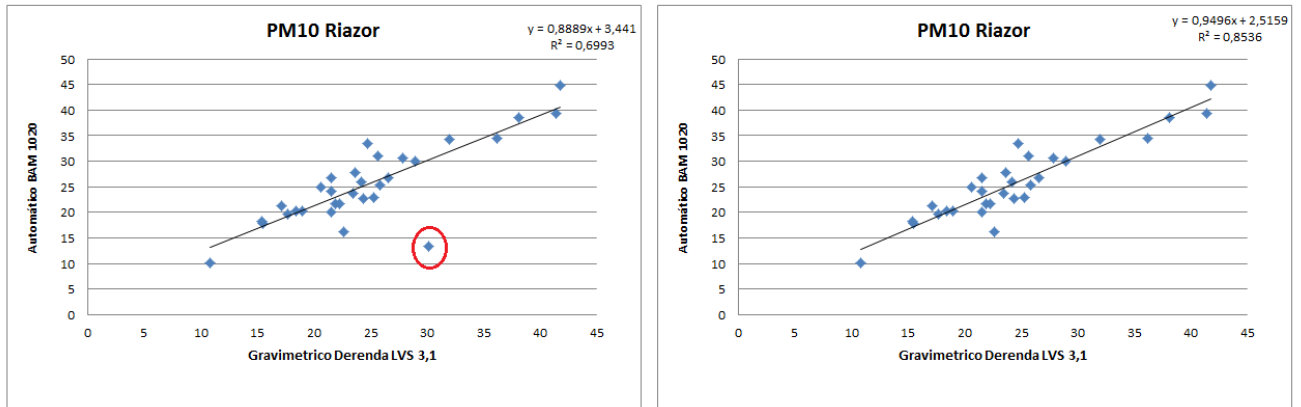
	Torre $PM_{2,5}$		Torre PM_{10}		Riazaor PM_{10}	
	Autom.	Gravim.	Autom.	Gravim.	Autom.	Gravim.
Promedio	19	21	41	39	25	24
Desv est	6	18	16	17	8	7
Max	35	76	87	91	45	42
Min	8	3	17	13	10	11
Nº>50			6	6	0	0
Nº Datos	32	18	32	29	35	30

Tabla 9. Estadístico de los datos de PM_{10} y $PM_{2,5}$ obtenidos en las estaciones de Torre y Riazaor con los métodos automático y gravimétrico entre 29/11/2014 y 31/12/2014.

En las Gráficas 24 y 25 comparamos los datos obtenidos con los analizadores automáticos con los obtenidos con los captadores gravimétricos para ver si están relacionadas. En la misma gráfica se muestran las ecuaciones de las rectas correspondientes y el valor del coeficiente de determinación (R^2). Vemos que la Gráfica 24, que relaciona los datos de PM_{10} obtenidos por el analizador automático con los del gravimétrico en Riazaor, son los que mejor se ajustan a una recta pero aun así, $R^2=0.669$. Tenemos en la Tabla 8 que el par de datos correspondientes al 09/12/2014, son $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el gravimétrico y $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el automático. Si eliminamos este par, el ajuste de la recta mejora, y obtenemos la siguiente ecuación:

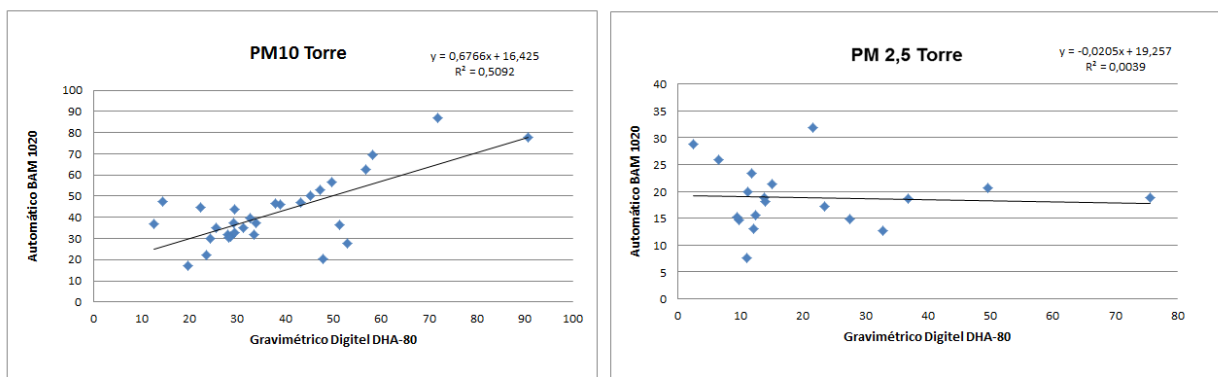


$$y = 0.9496x + 2.5159$$
$$R^2 = 0.8536$$



Gráfica 24. Concentración media diaria de PM_{10} en Riazor obtenida con el analizador automático vs la obtenida con el captador gravimétrico.

En la Gráfica 25 vemos a la izquierda los datos de PM_{10} en Torre obtenidos con el analizador automático frente a los del captador gravimétrico, y a la derecha realizamos la misma representación con los datos de $PM_{2,5}$. En ambos casos vemos que ambos pares de datos no se ajustan a una recta, con valores de R^2 muy inferiores a 1, sobre todo en el caso de $PM_{2,5}$. Analizando los pares de valores de la Tabla 8, observamos que en muchas ocasiones presentan diferencias muy importantes.



Gráfica 25. Concentración media diaria de PM_{10} (derecha) y de $PM_{2,5}$ (izquierda) en Torre de Hércules obtenida con el analizador automático vs la obtenida con el captador gravimétrico

9.3. ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE Na⁺ EN LOS FILTROS

Se realiza el análisis de la concentración de Na⁺ en los filtros muestreados, también en el LMAG, siguiendo el método descrito a continuación:

- Se corta una porción de filtro de área conocida y se extrae con agua miliQ en horno microondas.
- El volumen empleado no será inferior a 10mL, y la extracción se realizará durante 10 min a 50°C.
- Posteriormente se filtrará con un filtro de jeringa de PTFE de 0.45µm de tamaño de poro.
- Después se analiza el extracto por cromatografía iónica, los cationes se determinaron con el cromatógrafo iónico Dionex ICS1000 que se muestra en la Imagen 19, empleando como fase móvil ácido metanosulfónico 30mM



Imagen 19. Cromatógrafo iónico Dionex ICS1000 del LMAG

Los resultados de concentración de Na⁺ obtenidos para cada concentración de PM₁₀ o PM_{2,5}, en µg/m³, se muestran en la Tabla 10:

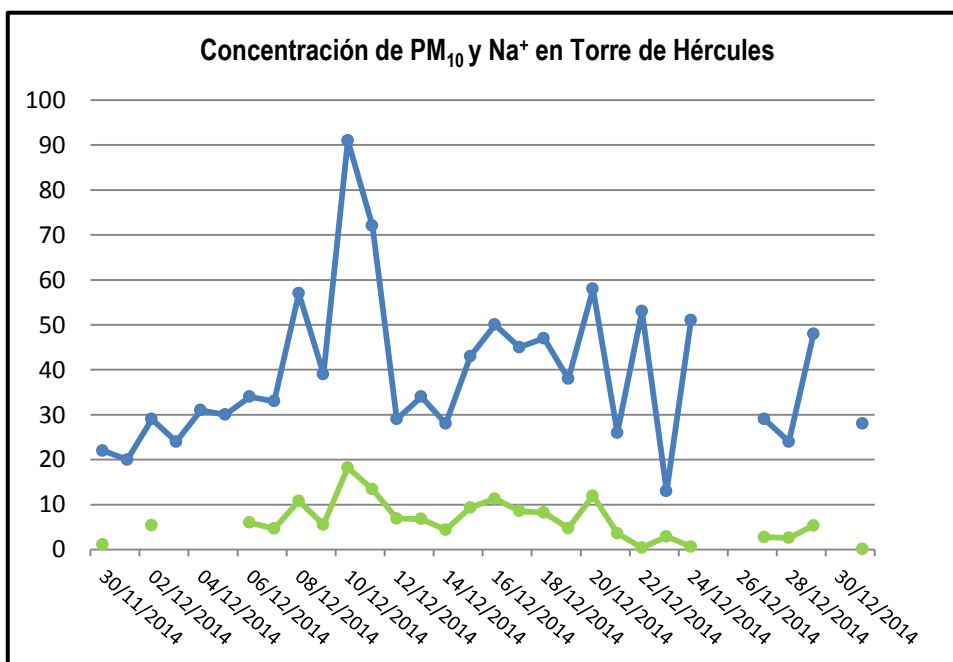
Fecha de muestreo	Riazor (µg/m ³) PM ₁₀		Torre (µg/m ³) PM ₁₀		Riazor (µg/m ³) PM ₁₀	
	Gravim.	Na ⁺	Gravim.	Na ⁺	Gravim.	Na ⁺
30/11/2014	11	0,78	22	1,12	41	2,93
01/12/2014	11		20		22	
02/12/2014	12	1,72	29	5,41	24	1,95
03/12/2014	28		24		22	
04/12/2014			31		16	
05/12/2014	10		30			
06/12/2014	9	1,10	34	6,02	18	1,52
07/12/2014	12	0,66	33	4,65	18	0,13
08/12/2014	15	1,57	57	10,83	24	2,17
09/12/2014	14	0,78	39	5,54	30	1,36
10/12/2014	3	0,11	91	18,24	24	1,74
11/12/2014	22	2,52	72	13,42	29	2,06



12/12/2014			29	6,91	11	
13/12/2014			34	6,80	17	
14/12/2014			28	4,43	26	
15/12/2014			43	9,33	25	
16/12/2014			50	11,34	22	2,03
17/12/2014			45	8,59	19	
18/12/2014			47	8,21		
19/12/2014			38	4,76	21	
20/12/2014			58	11,95	32	2,98
21/12/2014			26	3,63	24	
22/12/2014	24	0,09	53	0,37	26	0,18
23/12/2014	76	0,67	13	2,90	22	1,08
24/12/2014	6	0,09	51	0,63	38	0,18
25/12/2014	50				27	
26/12/2014					15	
27/12/2014	33	0,79	29	2,78	25	0,18
28/12/2014	37	1,14	24	2,61	23	1,03
29/12/2014	12		48	5,35	22	
30/12/2014					28	
31/12/2014			28	0,13	42	

Tabla 10. Concentración media diaria de PM_{10} y $PM_{2,5}$ obtenidas en las estaciones de Torre de Hércules y Riazor, entre 29/11/2014 y 31/12/2014 con los analizadores gravimétricos y la concentración de Na^+ presente en cada uno.

En la Gráfica 26 se representan en verde la concentración de PM_{10} en Torre de Hércules obtenida gravimétricamente y en azul la concentración de Na^+ medida en cada filtro de los analizados. Aunque son pocos datos, podemos ver que en casi todos los casos en que hay un aumento de la concentración de partículas, hay un aumento de la concentración de Na^+ .



Gráfica 26. Concentración media diaria de PM_{10} en Torre de Hércules (azul) obtenida con el captador gravimétrico y de Na^+ medida en cada filtro (verde).

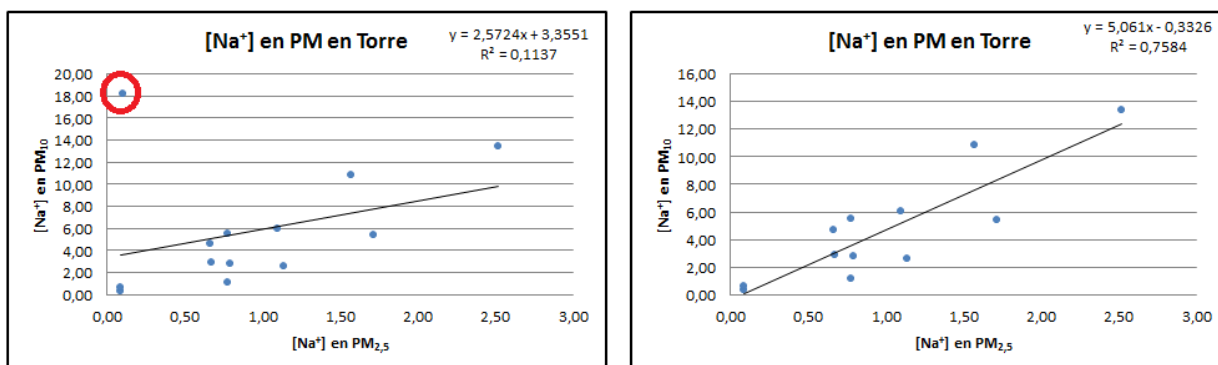


En la Tabla 11 se muestra el estadístico de los datos de la concentración Na⁺, en µg/m³, analizados en los filtros de PM₁₀ y PM_{2,5} de las estaciones de Torre y Riazor, entre el 29/11/2014 y el 31/12/2014: promedio, desviación estándar, máximos, mínimo y número de datos.

[Na ⁺]	Torre PM _{2,5}	Torre PM ₁₀	Riazor PM ₁₀
Promedio	0,92	6,24	1,43
Desv est	0,70	4,46	0,96
Max	2,52	18,24	2,98
Min	0,09	0,13	0,13
Nº datos	13	25	15

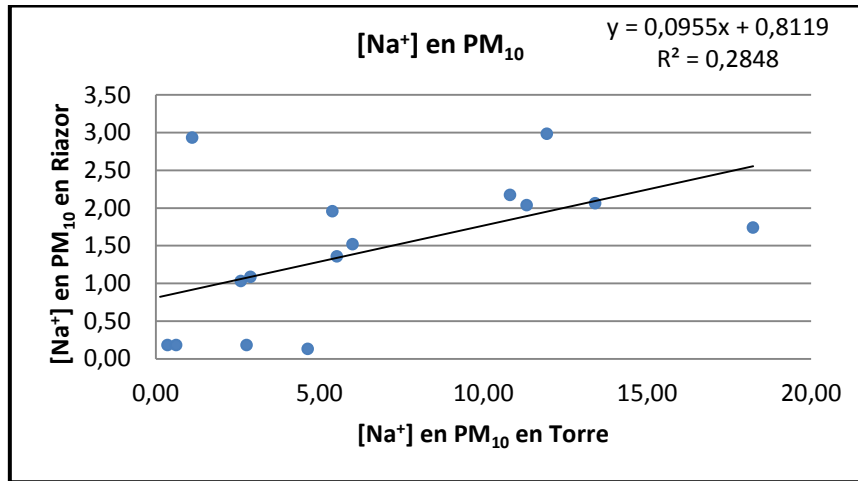
Tabla 11. Estadístico de los datos de concentración de Na⁺ obtenidos en los filtros de PM₁₀ y PM_{2,5} de las estaciones de Torre y Riazor entre 29/11/2014 y 31/12/2014.

Representamos gráficamente la concentración de Na⁺ (en µg/m³) medida en los filtros de PM₁₀ y PM_{2,5} obtenidos en la estación Torre de Hércules entre el 29/11/2014 y el 31/12/2014. En la Gráfica 27 vemos a la izquierda que los datos no se ajustan bien a una recta. Sin embargo, si eliminamos el par de datos correspondientes al 10/12/2014, que como vemos en la Tabla 10 presentan importantes diferencias, el ajuste de la recta mejora considerablemente.



Gráfica 27. Concentraciones medias diarias de Na⁺ en PM₁₀ y en PM_{2,5} en Torre de Hércules.

Realizamos la misma representación, esta vez comparando la concentración de Na⁺ (en µg/m³) obtenida en la fracción PM₁₀ de Riazor con la obtenida en Torre de Hércules. En la Gráfica 28 vemos que los resultados no se ajustan a una recta.



Gráfica 28. Concentración media diaria de PM₁₀ (derecha) y de PM_{2,5} (izquierda) en Torre de Hércules obtenida con el analizador automático vs la obtenida con el captador gravimétrico

9.4. CÁLCULO DE LA CONCENTRACIÓN DE SAL MARINA.

Recordamos la fórmula que relacionaba la concentración de Na⁺ en la fracción PM₁₀ de la materia particulada, con la concentración de sal marina presente en la misma y la aplicamos a los resultados de la Tabla 10, tal y como se especifica en el apartado 4.2.1 del Documento de Trabajo de la Comisión, de 15/02/2011, que establece las directrices para la demostración de las superaciones de los valores límite atribuibles a fuentes naturales y la realización de los descuentos.

$$[\text{sal marina}] = \frac{100}{30,6} \cdot [\text{Na}^+] = 3,27 \cdot [\text{Na}^+]$$

Obtenemos de esta manera los resultados de concentración de sal marina, expresados en µg/m³ y en porcentaje con respecto a la fracción PM₁₀ o PM_{2,5}, según el caso, que se muestran en la Tabla 12.

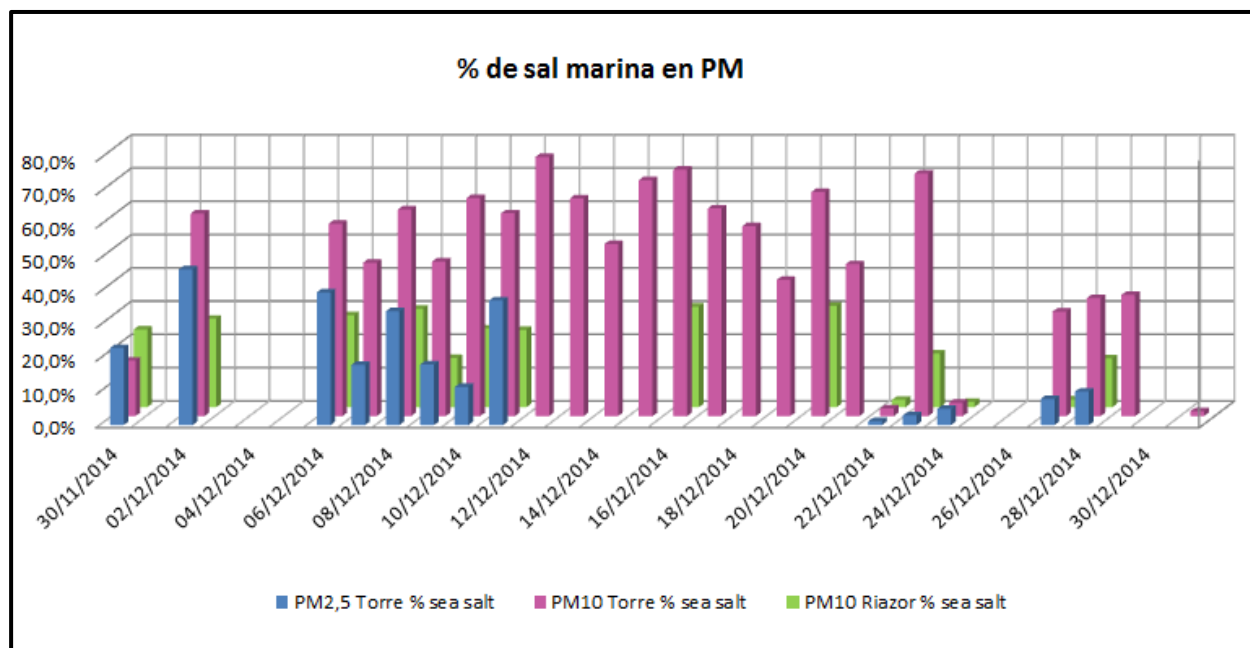
Fecha de muestreo	Torre PM _{2,5}				Torre PM ₁₀				Riazo PM ₁₀			
	PM _{2,5}	Na ⁺	sea salt	% sea salt	PM ₁₀	Na ⁺	sea salt	% sea salt	PM ₁₀	Na	sea salt	% sea salt
30/11/2014	11	0,78	2,55	23,2%	22	1,12	3,67	16,7%	41	2,93	9,57	23,3%
01/12/2014	11				20				22			
02/12/2014	12	1,72	5,62	46,8%	29	5,41	17,67	60,9%	24	1,95	6,38	26,6%
03/12/2014	28				24				22			
04/12/2014					31				16			
05/12/2014	10				30							
06/12/2014	9	1,10	3,59	39,9%	34	6,02	19,67	57,8%	18	1,52	4,96	27,6%
07/12/2014	12	0,66	2,17	18,1%	33	4,65	15,20	46,1%	18	0,13		
08/12/2014	15	1,57	5,13	34,2%	57	10,83	35,39	62,1%	24	2,17	7,09	29,5%
09/12/2014	14	0,78	2,55	18,2%	39	5,54	18,11	46,4%	30	1,36	4,43	14,8%
10/12/2014	3	0,11	0,34	11,5%	91	18,24	59,61	65,5%	24	1,74	5,67	23,6%
11/12/2014	22	2,52	8,24	37,5%	72	13,42	43,87	60,9%	29	2,06	6,74	23,2%



12/12/2014					29	6,91	22,58	77,8%	11			
13/12/2014					34	6,80	22,24	65,4%	17			
14/12/2014					28	4,43	14,47	51,7%	26			
15/12/2014					43	9,33	30,49	70,9%	25			
16/12/2014					50	11,34	37,04	74,1%	22	2,03	6,65	30,2%
17/12/2014					45	8,59	28,08	62,4%	19			
18/12/2014					47	8,21	26,82	57,1%				
19/12/2014					38	4,76	15,55	40,9%	21			
20/12/2014					58	11,95	39,05	67,3%	32	2,98	9,75	30,5%
21/12/2014					26	3,63	11,87	45,6%	24			
22/12/2014	24	0,09	0,28	1,2%	53	0,37	1,22	2,3%	26	0,18	0,58	2,25%
23/12/2014	76	0,67	2,20	2,9%	13	2,90	9,48	72,9%	22	1,08	3,55	16,1%
24/12/2014	6	0,09	0,29	4,8%	51	0,63	2,06	4,0%	38	0,18	0,58	1,54%
25/12/2014	50								27			
26/12/2014									15			
27/12/2014	33	0,79	2,59	7,8%	29	2,78	9,10	31,4%	25	0,18	0,58	2,3%
28/12/2014	37	1,14	3,73	10,1%	24	2,61	8,51	35,5%	23	1,03	3,37	14,6%
29/12/2014	12				48	5,35	17,48	36,4%	22			
30/12/2014									28			
31/12/2014					28	0,13	0,41	1,5%	42			

Tabla 12. Concentración de PM_{10} o $PM_{2,5}$, Na^+ y sal marina obtenidos en los filtros de PM_{10} y $PM_{2,5}$ de las estaciones de Torre y Riazor entre 29/11/2014 y 31/12/2014.

En la Gráfica 29 representamos la concentración de sal marina, expresada en porcentaje, que hallamos en las fracciones PM_{10} y $PM_{2,5}$ de la materia particulada en las estaciones de Torre y Riazor. Podemos observar que la concentración de sal marina en la fracción PM_{10} en Torre es muy alta en casi todos los filtros analizados, superando en la mitad de los filtros analizados el 50%.



Gráfica 29. Concentraciones medias diarias de sal marina, expresadas en porcentaje, en la fracción PM_{10} y $PM_{2,5}$ de la materia particulada de las estaciones Torre de Hércules y Riazor.



En la Tabla 13 se muestra el estadístico de la concentración de sal marina, expresada en porcentaje, hallada en las fracciones PM_{10} y $PM_{2,5}$ de la materia particulada en las estaciones de Torre y Riaza, entre el 29/11/2014 y el 31/12/2014: promedio, desviación estándar, máximo, mínimo y número de datos.

Fecha de muestreo	PM _{2,5} Torre	PM ₁₀ Torre	PM ₁₀ Riaza
	% sea salt	% sea salt	% sea salt
promedio	19,7%	48,5%	19,0%
desv est	15,4%	22,7%	10,6%
max	46,8%	77,8%	30,5%
min	1,2%	1,5%	1,5%
Nº datos	13	25	14

Tabla 13. Estadístico de la concentración de sal marina, expresada en porcentaje, hallada en la fracción PM_{10} y $PM_{2,5}$, de la materia particulada en las estaciones de Torre y Riaza entre 29/11/2014 y 31/12/2014.

Buscamos los días del periodo muestreado en los que hubo superación del VLd de PM_{10} en la Tabla 12. Vemos que sólo hubo superaciones en este periodo en la estación Torre de Hércules. Tenemos los datos de la concentración de PM_{10} de esos días y los datos de la concentración de sal marina analizada en los filtros muestreados. En la Tabla 14, restamos ambas para comprobar si, una vez que se ha descontado el aporte correspondiente al aerosol marino, continúa existiendo una superación del VLd de PM_{10} o si, por el contrario, aún eliminando esta contribución persiste la superación del VLd. Esto último nos indicaría que la superación no se debe al aerosol marino, sino que existe otra fuente de PM_{10} que no se ha determinado.

Fecha de muestreo	PM10 Torre		
	[PM10]	[SS]	[PM10]-[SS]
08/12/2014	57	35,39	22
10/12/2014	91	59,61	31
11/12/2014	72	43,87	28
16/12/2014	50	37,04	13
20/12/2014	58	39,05	19
22/12/2014	53	1,22	52
24/12/2014	51	2,06	49

Tabla 14. Concentraciones de PM_{10} superiores al VL diario entre el 29/11/2014 y el 31/12/2014, la concentración correspondiente de sal marina y la concentración de PM_{10} restante tras el descuento debido al aporte de la fuente natural, todo ello en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

En la Tabla 14 vemos que, en el periodo del muestreo, entre el 29/11/2014 y el 31/12/2014, hubo 7 superaciones del VLd de PM_{10} y una ocasión en que la concentración fue exactamente el valor del VLd. Restando la concentración correspondiente a la sal marina, en todas las ocasiones salvo en una, el valor de la concentración final de PM_{10} se encuentra por debajo del VLd, lo cual nos muestra que las superaciones se debían al aporte del aerosol marino.

El día 22/12/2014, tras restar la concentración de sal marina de la concentración de PM_{10} , el resultado permanece por encima del VLd. En la Tabla 10 vemos que este día obtuvimos una concentración de PM_{10} de $53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ con el analizador gravimétrico y de $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ con el analizador automático. Los resultados del par de datos son muy diferentes, por lo que lo más prudente es marcar este resultado como sospechoso.



COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE CONCENTRACIÓN DE SAL MARINA CON LOS EVENTOS METEOROLÓGICOS.

En la página web de MeteoGalicia, www.meteogalicia.es, podemos consultar los umbrales y niveles de aviso establecidos para los eventos meteorológicos. Detallamos en la Tabla 15 los correspondientes a la altura de las olas y la velocidad del viento. La definición de niveles es la siguiente:

Nivel amarillo: No existe riesgo meteorológico para la población en general, solo para alguna actividad concreta (fenómenos meteorológicos habituales pero potencialmente peligrosos).

Nivel naranja: Existe un riesgo meteorológico importante (fenómenos meteorológicos no habituales).

Nivel rojo: El riesgo meteorológico es extremo (fenómenos meteorológicos no habituales de intensidad excepcional).

	Aviso nivel amarillo	Aviso nivel naranja	Aviso nivel rojo
Olas (m)	>4	>5	>8
Viento (km/h)	80	100	140

Tabla 15. Umbrales y niveles de aviso para altura de las olas y velocidad del viento, según MeteoGalicia.

En la Tabla 16 se muestran los datos de concentración de PM₁₀ y PM_{2,5}, en µg/m³ obtenidos con el analizador gravimétrico durante el mes de diciembre de 2014 en las estaciones de Riazor y Torre y la concentración de sal marina medida en cada uno de ellos. Además, se muestran los datos de altura media diaria de las olas y altura máxima horaria diaria de las olas, ambas en metros, obtenidas en las boyas de MeteoGalicia en Estaca de Bares y Punta Langosteira. Por último, se muestran los datos de racha máxima de viento, en km/h, medidos en la estación meteorológica de Coruña Dique, también de MeteoGalicia.

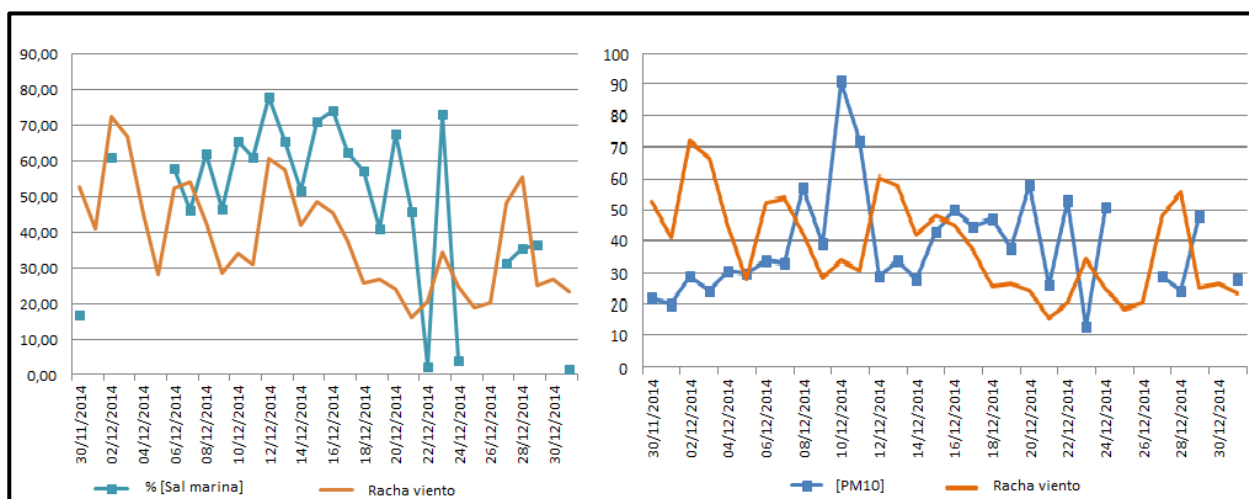
Fecha de muestreo	PM ₁₀ Riazor		PM _{2,5} Torre		PM ₁₀ Torre		h(m) ola P. Langosteira		h(m) ola E. Bares		racha viento
	Gravim.	% ss	Gravim.	% ss	Gravim.	% ss	media	max horaria	media	max horaria	Coruña-dique
30/11/2014	41	23,3%	11	23,2%	22	16,7%	2,8	3,2	3,1	3,9	52,67
01/12/2014	22		11		20		1,9	2,5	2,1	2,7	41,04
02/12/2014	24	26,6%	12	46,8%	29	60,9%	2,7	5,0	2,9	4,9	72,32
03/12/2014	22		28		24		3,8	4,4	4,1	4,8	66,67
04/12/2014	16				31		2,8	3,3	2,9	3,5	45,04
05/12/2014			10		30		2,7	3,8	2,8	3,9	28,12
06/12/2014	18	27,6%	9	39,9%	34	57,8%	3,9	4,7	4,1	4,9	52,34
07/12/2014	18		12	18,1%	33	46,1%	2,7	3,2	2,8	3,2	53,86
08/12/2014	24	29,5%	15	34,2%	57	62,1%	3,4	4,6	3,5	4,5	42,59
09/12/2014	30	14,8%	14	18,2%	39	46,4%	3,2	4,4	3,5	4,7	28,48
10/12/2014	24	23,6%	3	11,5%	91	65,5%	2,7	6,2	2,9	5,5	34,09
11/12/2014	29	23,2%	22	37,5%	72	60,9%	7,3	9,2	6,6	8,3	30,82
12/12/2014	11				29	77,8%	4,9	6,0	5,7	6,5	60,44
13/12/2014	17				34	65,4%	4,2	4,9	4,5	5,0	57,38
14/12/2014	26				28	51,7%	3,2	4,2	3,3	4,2	41,98
15/12/2014	25				43	70,9%	3,0	4,4	3,1	4,5	48,35
16/12/2014	22	30,2%			50	74,1%	3,6	4,7	3,7	4,7	45,29



17/12/2014	19				45	62,4%	2,6	3,0	2,8	3,2	37,4
18/12/2014					47	57,1%	2,6	3,0	2,9	3,3	25,63
19/12/2014	21				38	40,9%	3,6	4,9	4,3	5,4	26,71
20/12/2014	32	30,5%			58	67,3%	4,3	5,4	4,4	5,3	24,12
21/12/2014	24				26	45,6%	2,7	3,7	3,0	3,9	15,88
22/12/2014	26	2,25%	24	1,2%	53	2,3%	1,8	2,1	1,7	2,1	20,59
23/12/2014	22	16,1%	76	2,9%	13	72,9%			3,0	4,2	34,45
24/12/2014	38	1,54%	6	4,8%	51	4,0%			2,9	3,5	24,59
25/12/2014	27		50						2,1	2,5	18,68
26/12/2014	15								1,6	1,9	20,23
27/12/2014	25	2,3%	33	7,8%	29	31,4%			2,3	3,4	48,1
28/12/2014	23	14,6%	37	10,1%	24	35,5%			2,7	3,2	55,51
29/12/2014	22		12		48	36,4%			2,4	2,7	25,06
30/12/2014	28								2,2	2,6	26,71
31/12/2014	42				28	1,5%			1,6	1,9	23,18

Tabla 16. Concentraciones de PM_{10} y $PM_{2,5}$ y % de sal marina correspondiente en Torre y Riazaor, media y máxima horaria de la altura de las olas en Punta Langosteira y Estaca de Bares y racha máxima de viento en Coruña-Dique, entre el 30/11/2014 y el 31/12/2014.

Tanto en la Tabla 16 como en la Gráfica 30 vemos que no parece haber una relación directa entre la racha diaria del viento (máximo diario) obtenida en la estación de Coruña-Dique y la concentración diaria de PM_{10} o el porcentaje de sal marina obtenido en la fracción PM_{10} de la estación de Torre. También vemos que los valores de velocidad máxima de viento en ninguno de los días analizados llegan a los valores del umbral del aviso de nivel amarillo.



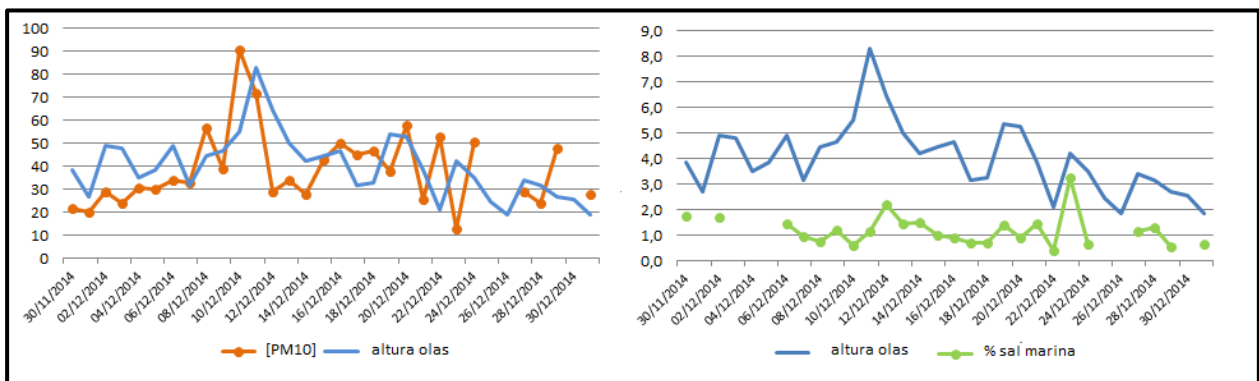
Gráfica 30. Concentraciones medias diarias de PM_{10} en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (izquierda) y porcentaje de sal marina (derecha) en Torre, frente a la racha diaria del viento en km/h .

En la Tabla 16 se muestran los datos de altura de la ola obtenidos en las boyas de Punta Langosteira y Estaca de Bares. En ambos casos se muestra el máximo diario y la media diaria. Vemos que los valores obtenidos en ambas



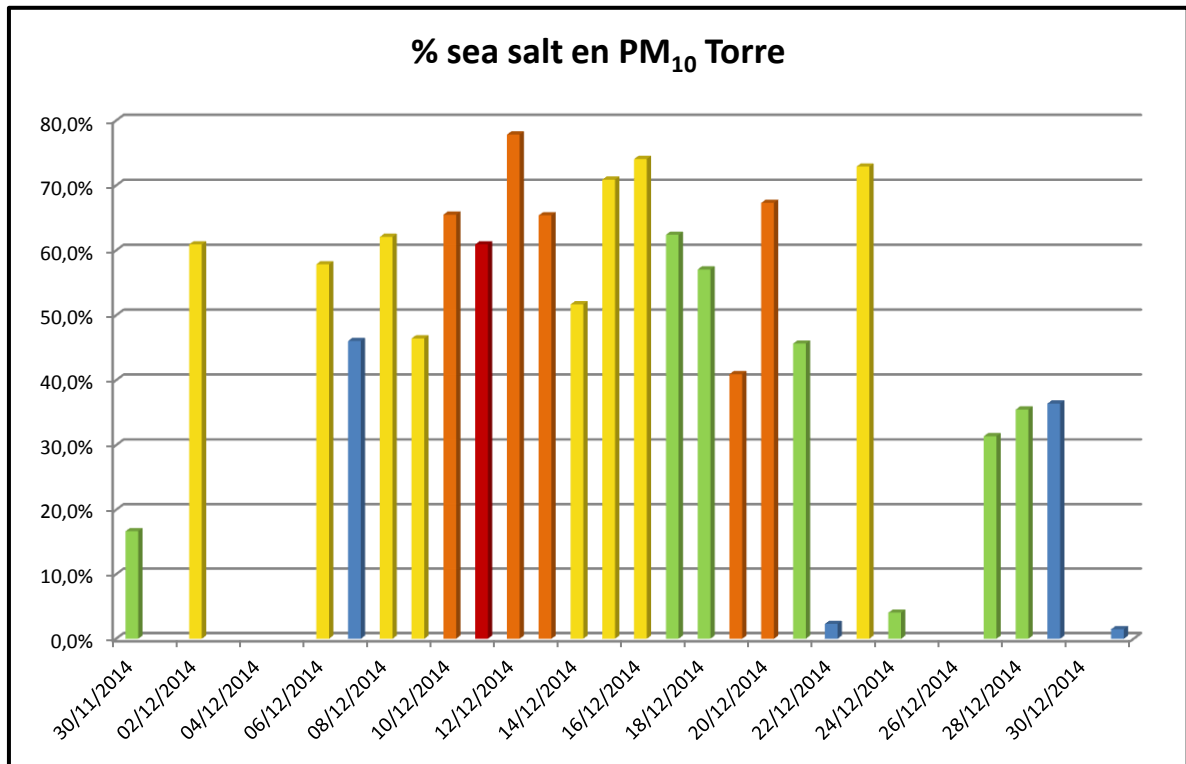
boyas son muy similares y que en la mayor parte de los días del mes se alcanzan alturas de ola que llegan, como mínimo, al aviso de nivel amarillo.

Si repetimos el análisis de la Gráfica 30, pero teniendo en cuenta la altura de las olas en vez de la racha de viento, vemos tanto en la Tabla 16 como en la Gráfica 31, que en este caso sí que existe relación y que cuando tenemos alturas de ola elevadas, tenemos aumentos en la concentración de PM₁₀ y en el porcentaje de sal marina encontrado en la fracción PM₁₀ en la estación Torre de Hércules. Estos resultados son los mismos que se encontraron en el análisis preliminar realizado por el Departamento de Predicción Numérica de MeteGalicia.



Gráfica 31. Concentraciones medias diarias de PM₁₀ en µg/m³ (izquierda) y porcentaje de sal marina (derecha) en Torre, frente a la altura de las olas en Estaca de Bares.

Realizamos una representación gráfica más con los datos de la Tabla 16. En la Gráfica 32 se muestra un diagrama de barras con la concentración de sal marina, expresada en porcentaje, que encontramos en la fracción PM₁₀ de la materia particulada analizada gravimétricamente en Torre de Hércules cada día entre el 29/11/2014 y el 31/12/2014. Vemos que en la mayoría de los días analizados, la concentración de sal marina en los filtros supera el 40%, llegando al 70% en varias ocasiones. Las barras se colorean según la altura máxima horaria de las olas alcanzada ese día en la boya de Estaca de Bares (se utilizan los datos de esta boya porque la serie de datos es completa en el período estudiado). En azul los máximos de altura inferior a 3 m, en verde >3 m, en amarillo >4 m, en naranja > 5 m y en rojo > 8m, correspondiendo con los distintos niveles de aviso por riesgo meteorológico establecidos por MeteGalicia. Vemos que a lo largo de casi todo el período analizado, las alturas de ola superaron los tres metros, lo que se corresponde con elevados porcentajes de sal marina presentes en los filtros de PM₁₀ obtenidos en la estación Torre de Hércules.



Gráfica 32. Concentraciones de sal marina, expresada en porcentaje, obtenidas en los filtros de PM₁₀ de la estación Torre de Hércules.



10. DESCRIPCIÓN DE LOS EPISODIOS DE SUPERACIÓN DEL VALOR LÍMITE DIARIO DE PM₁₀ EN TORRE DE HÉRCULES EN 2014.

En este apartado se realiza una descripción de los episodios de superación del valor límite diario de PM₁₀ en la estación Torre de Hércules. Analizamos los casos en los que se detectó superación del VLd con el analizador automático, pero tenemos en cuenta también los datos obtenidos gravimétricamente que se muestran en la Tabla 8 y los datos de concentración de Na⁺ y de sal marina de la Tabla 12, en el periodo en el que se realizó el muestreo, entre el 29/11/2014-31/12/2014. Además, incluimos el 27/12/2014, porque hay un episodio de intrusión de polvo sahariano ocurrido en el periodo del muestreo con el analizador gravimétrico. Para la descripción utilizamos los datos de PM₁₀, automáticos y los de altura de la ola y racha de viento de la Tabla 17, mostrada al final de este apartado.

También utilizamos el estudio de episodios de intrusiones africanas y de incendios forestales según el informe “Episodios Naturales de Partículas 2014” y “Resumen final de Episodios Naturales 2014” y “Tabla de Episodios 2014” cuyos datos son propiedad de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio de Agricultura (MAGRAMA), Medio Ambiente y Alimentación, suministrados como fruto del “Acuerdo de Encomienda de Gestión entre el MAGRAMA y la Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas para la realización de trabajos relacionados con el estudio y evaluación de la contaminación atmosférica por material particulado y metales en España”, que están disponibles en la página web <http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/gestion/anuales.aspx>.

En la descripción de los eventos se emplearon también otras herramientas, como el cálculo de retrotrayectorias de masas de aire. Para cada día en el que se superó el VLd de PM₁₀, establecido en 50 µg/m³, se calcularon las retrotrayectorias de las masas de aire con el modelo HYSPLIT de la NOAA (Draxler y Rolph, 2012, Rolph, 2012). A partir de las retrotrayectorias es posible determinar de forma aproximada el origen de las masas de aire que alcanzan una zona de estudio, especialmente cuando se produce el transporte a larga distancia. Las retrotrayectorias se calcularon tomando como punto de llegada la ciudad de A Coruña, a tres alturas sobre el nivel del mar (750 m, 1500 m y 2500 m), a las 12:00 horas de cada día y para 120 horas (5 días) anteriores al tiempo de llegada. También se utilizaron los mapas de concentración de aerosoles disponibles en internet, como

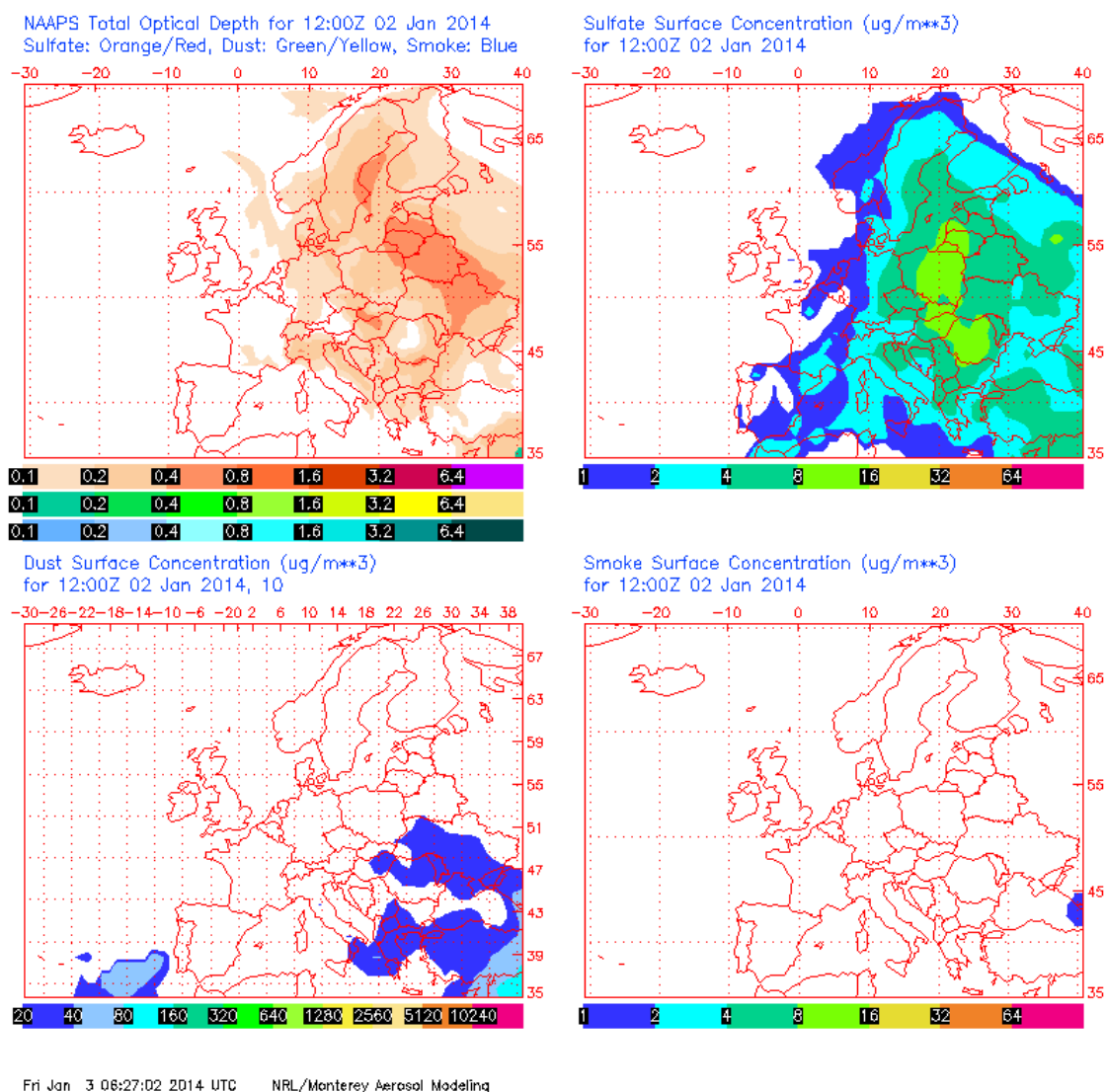
- NAAPS (<http://www.nrlmry.navy.mil/aerosol/>)
- CALIOPE (<http://www.bsc.es/caliope/>)
- METOFFICE (<http://www.wetterzentrale.de/topkarten/fsfaxbra.html>)



2 DE ENERO DE 2014

La concentración de PM₁₀ fue de 56 µg/m³ registrada con el analizador automático, superándose el límite establecido de 50 µg/m³. Este día se registraron máximas horarias de altura de las olas de 4.3 m y 7.3 m en las boyas de Punta Langosteira y Estaca de Bares, lo cual se corresponde con aviso de nivel naranja. La altura media de las olas fue de 3.6 y 5.5 m, respectivamente. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 65.16 km/h, lo cual se corresponde con un viento fuerte.

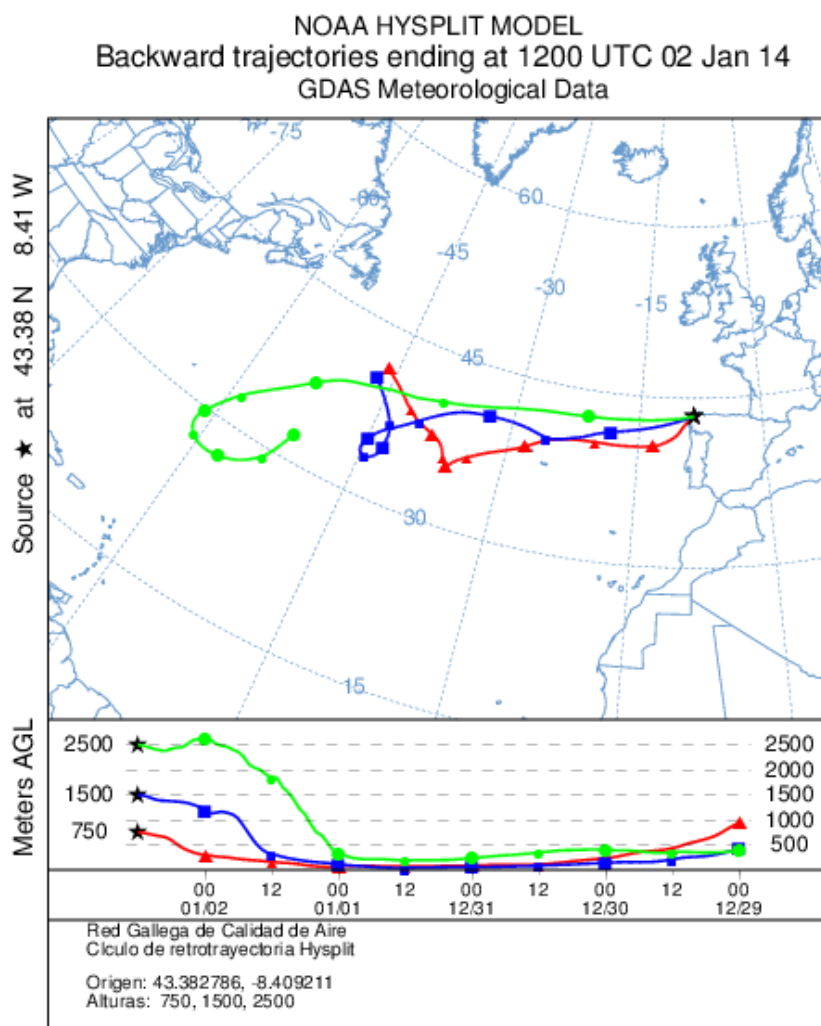
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 33 muestra nulas concentraciones de sulfato en superficie. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 33. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 02/01/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 34 muestra que las masas de aire proceden de zonas limpias como el Océano Atlántico.



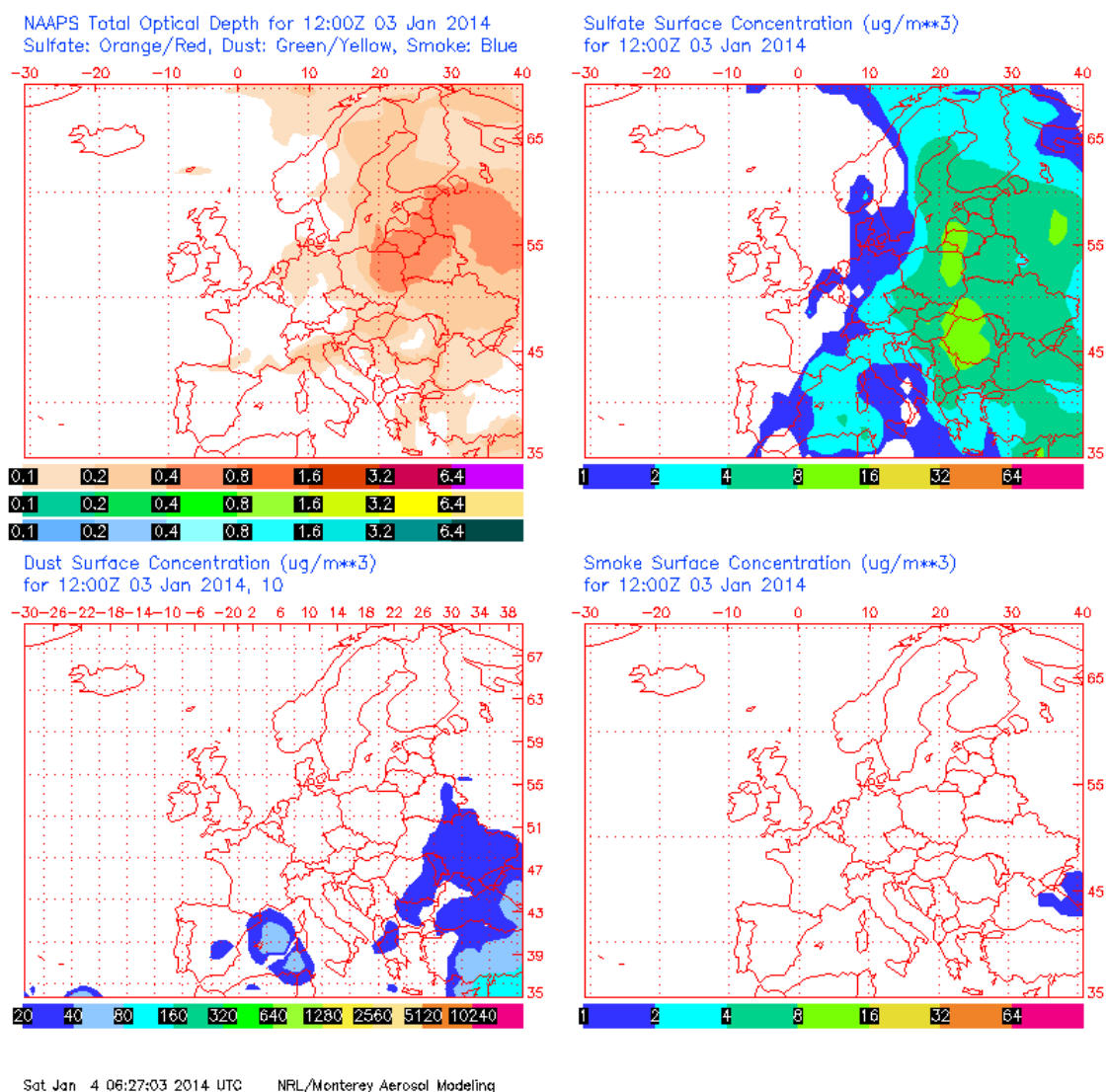
Gráfica 34. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 02/01/2014.



3 DE ENERO DE 2014

Se registrou una concentración de PM₁₀ de 63 µg/m³ con el analizador automático, que supone una superación del VLd. Este día se registraron máximas horarias de altura de las olas de 6.4 m y 8.7 m en las boyas de Punta Langosteira y Estaca de Bares, lo cual se corresponde con aviso de nivel rojo. La altura media de las olas fue de 4.4 y 6.4 m, respectivamente. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 77.26 km/h, lo cual se corresponde con un viento muy fuerte.

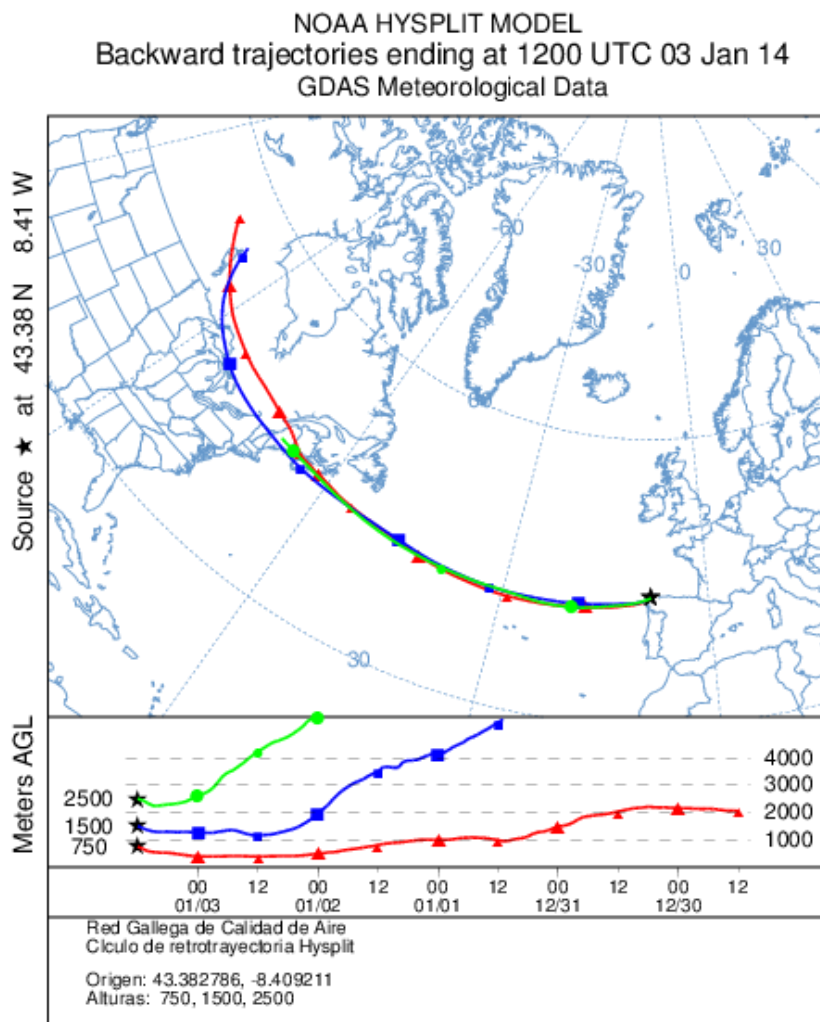
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 35 muestra que no existe de sulfato en superficie. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 35. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 03/01/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 36 muestra que las masas de aire proceden del transporte a largas distancias desde el norte del continente americano.



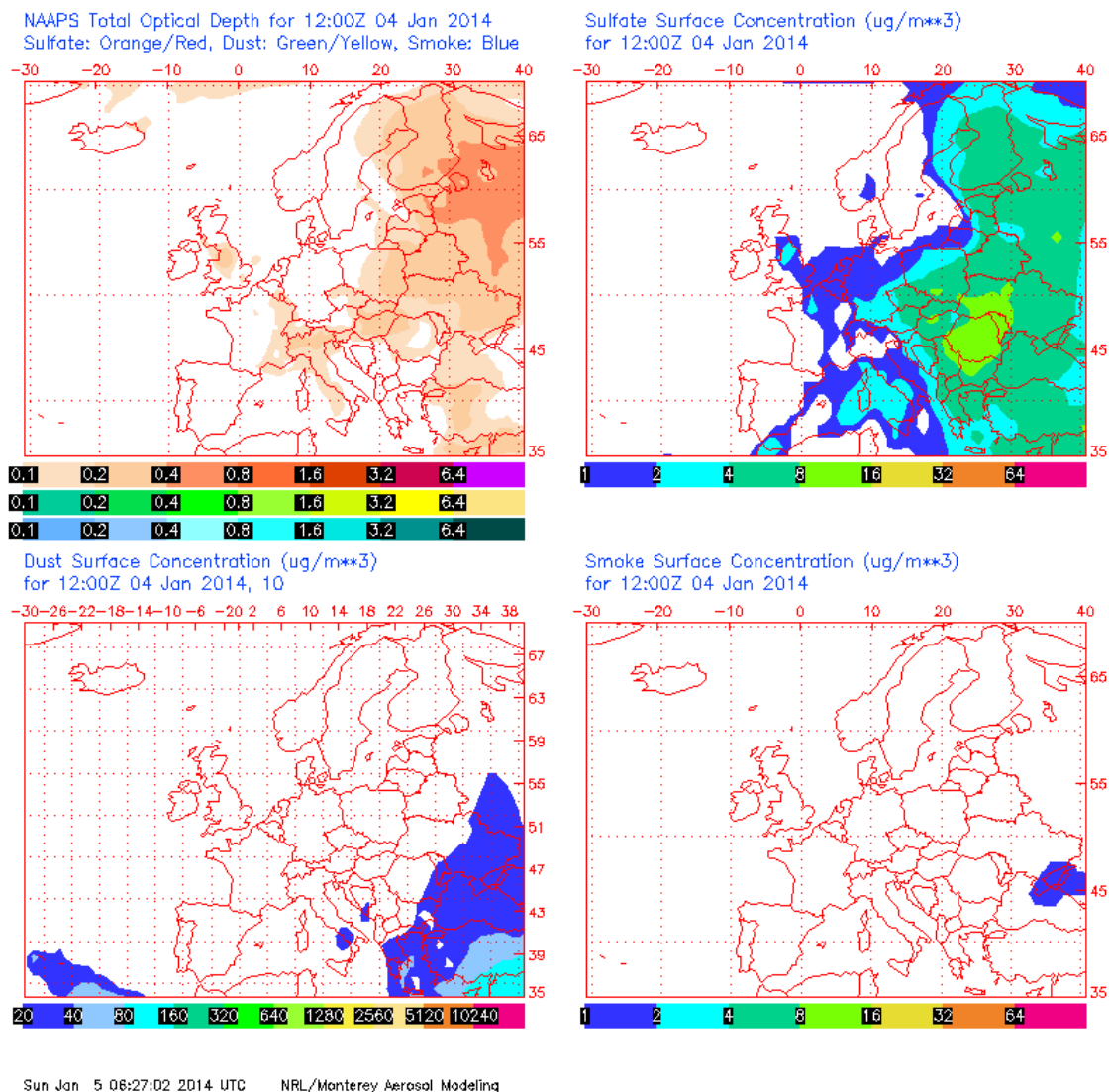
Gráfica 36. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 03/01/2014.



4 DE ENERO DE 2014

La concentración de PM₁₀ fue de 55 µg/m³, registrada con el analizador automático, lo que supone una superación del VLd. Este día se registraron máximas horarias de altura de las olas de 5.6 m y 9.3 m en las boyas de Punta Langosteira y Estaca de Bares, lo cual se corresponde con un aviso de nivel rojo. La altura media de las olas fue de 4.9 y 7.6 m, respectivamente. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 86.44 km/h, lo cual se corresponde con un viento muy fuerte.

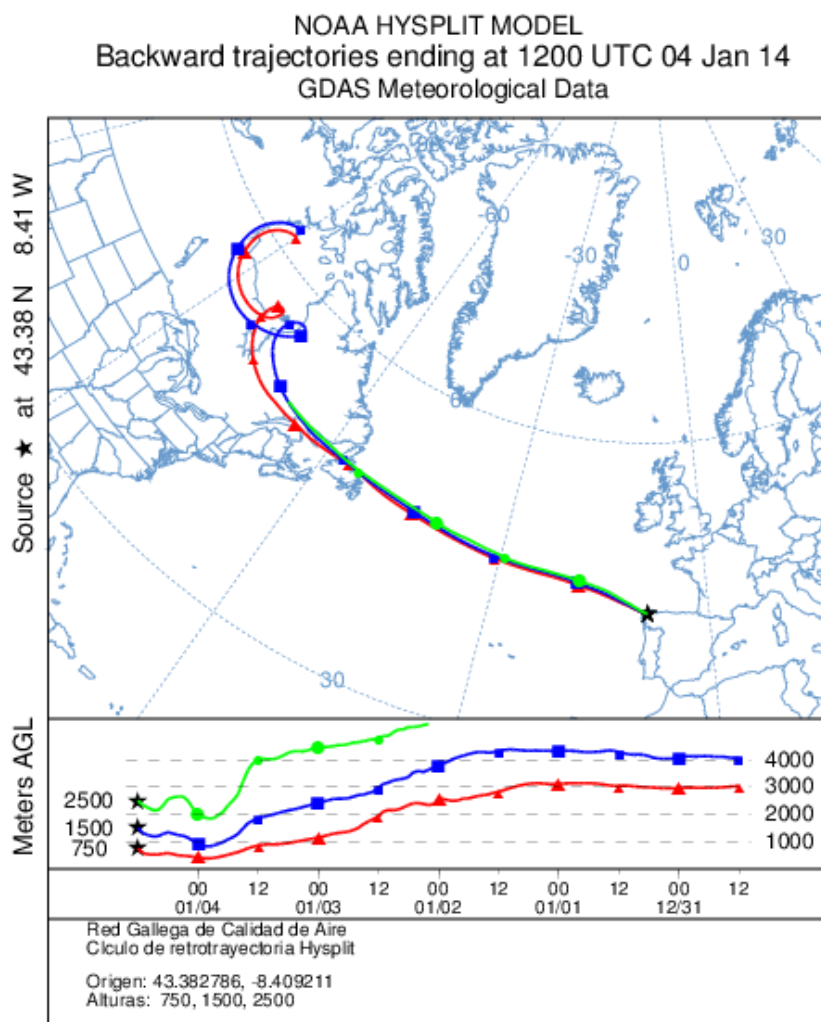
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 37 no muestra concentraciones de sulfato en superficie. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 37. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 04/01/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 38 muestra que las masas de aire proceden del transporte a largas distancias desde el norte del continente americano.



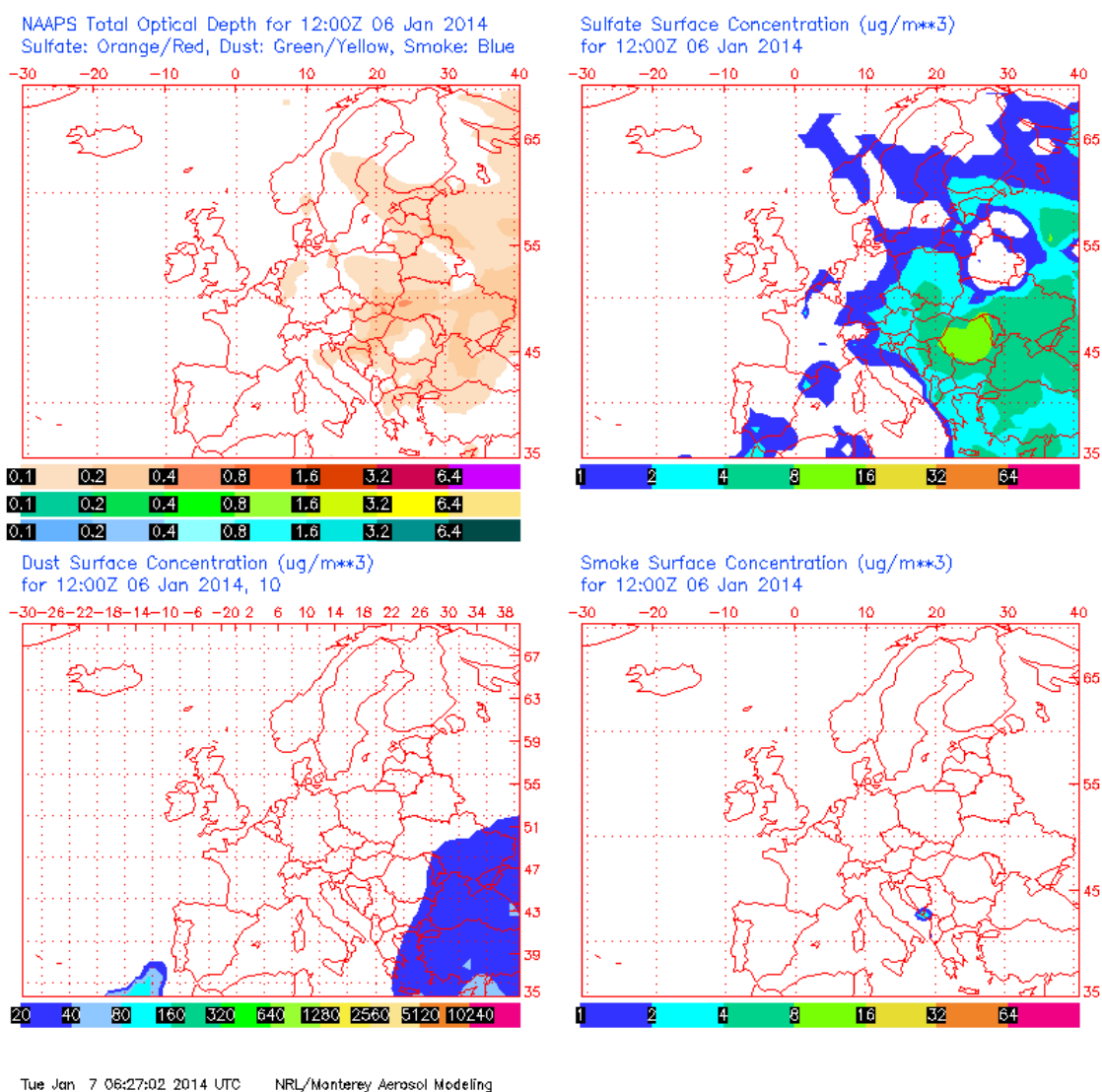
Gráfica 38. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOAA para el 04/01/2014.



6 DE ENERO DE 2014

La concentración de PM₁₀ fue de 66 µg/m³ con el analizador automático. Este día se registraron máximas horarias de altura de las olas de 8.7 y 11.7 m en Punta Langosteira y Estaca de Bares respectivamente. Estos valores corresponden con un aviso de nivel rojo. La altura media de las olas fue de 5.5 y 7.5 m. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 86.54 km/h, lo cual se corresponde con un viento muy fuerte.

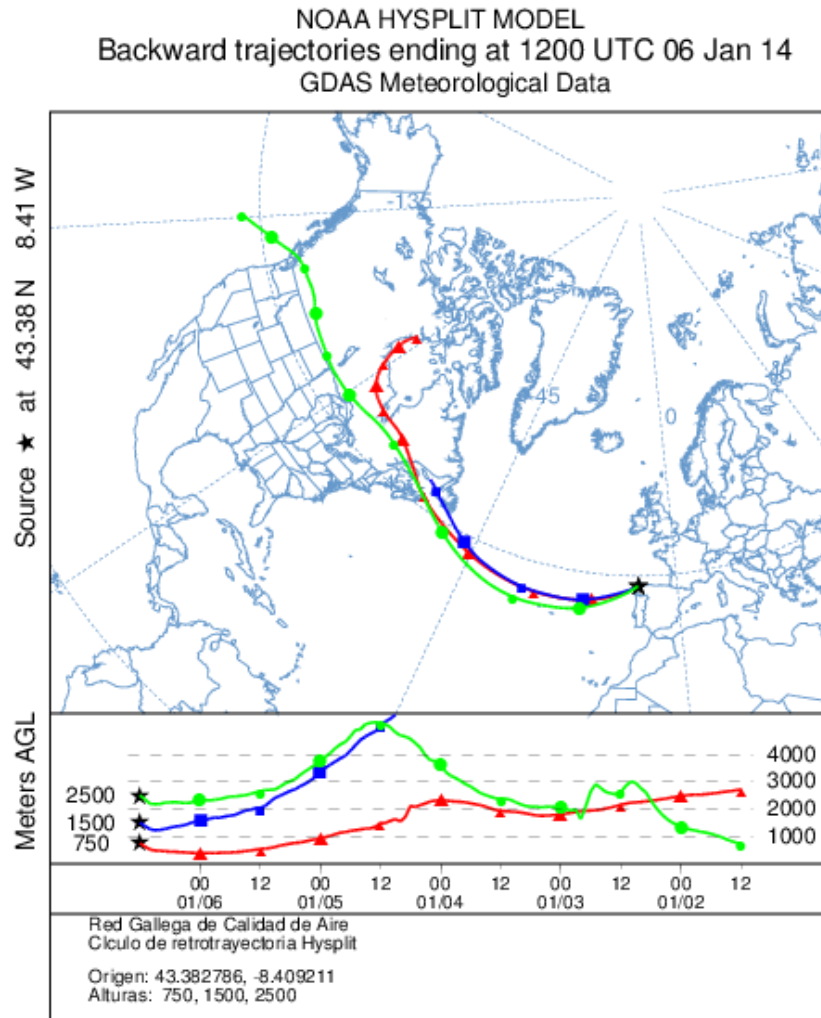
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 39 muestra que no hay sulfato en superficie. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 39. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 06/01/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 40 muestra que las masas de aire proceden del transporte a largas distancias desde el norte del continente americano.



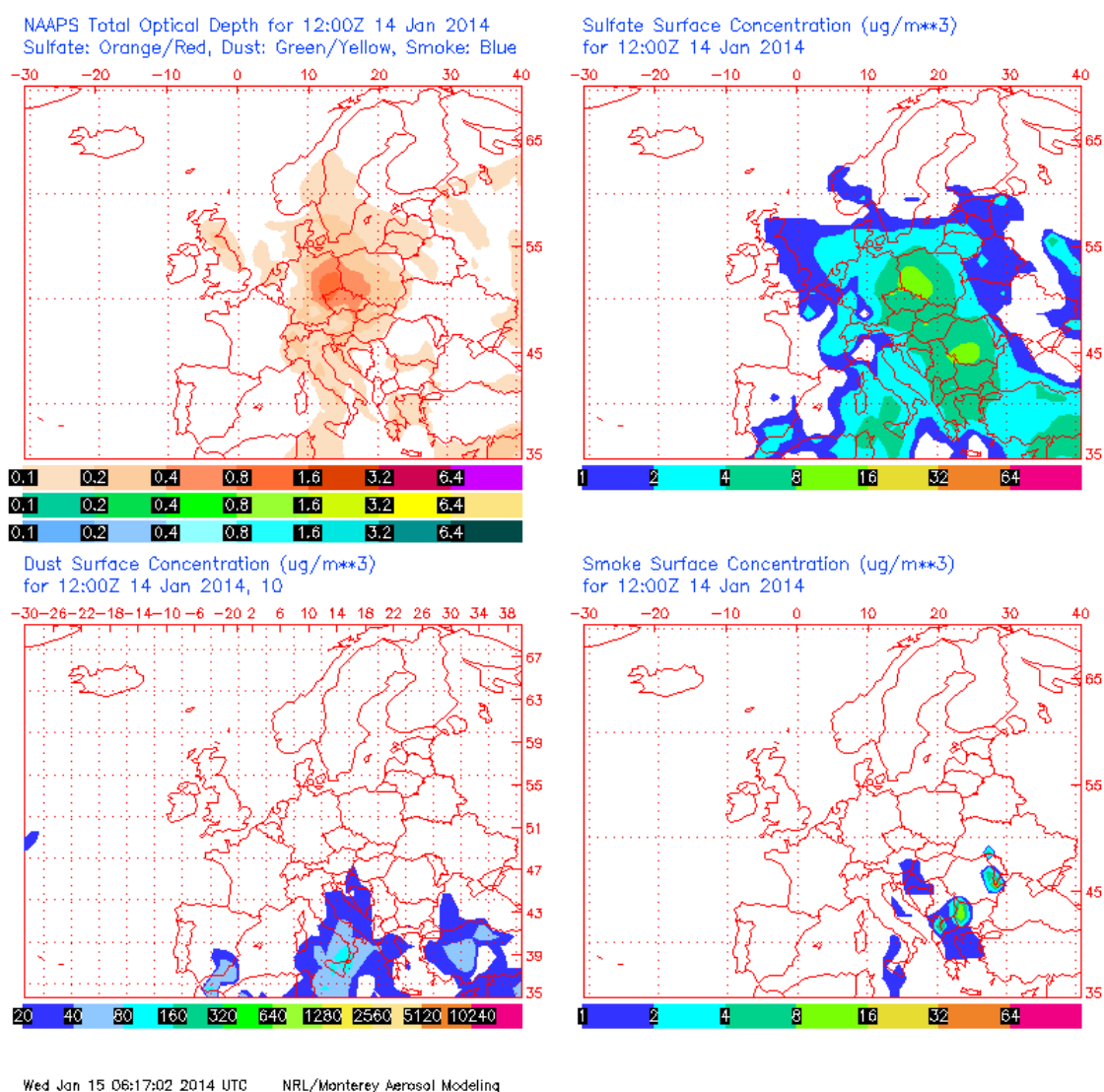
Gráfica 40. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 06/01/2014.



14 DE ENERO DE 2014

La concentración de PM₁₀ fue de 51 µg/m³ medida con el analizador automático. Este día se registraron máximas horarias de altura de las olas de 6.21 m en la boya de Estaca de Bares, lo cual se corresponde con un aviso de nivel naranja. La altura media de las olas fue de 5.16 m. No hay datos de la boya de Punta Langosteira para esta fecha. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 53.5 km/h, lo cual se corresponde con un viento fuerte.

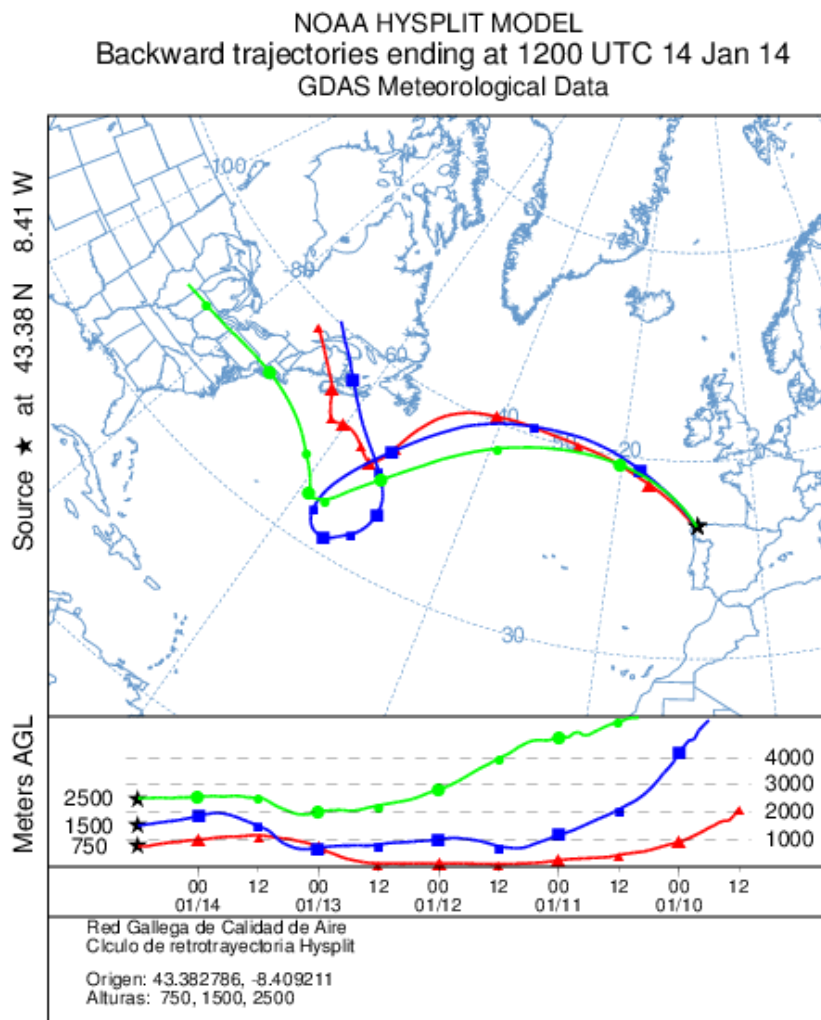
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 41 no muestra concentración de sulfato en superficie. Tampoco se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 41. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 16/01/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 42 muestra que las masas de aire proceden del transporte a largas distancias desde el norte del continente americano.



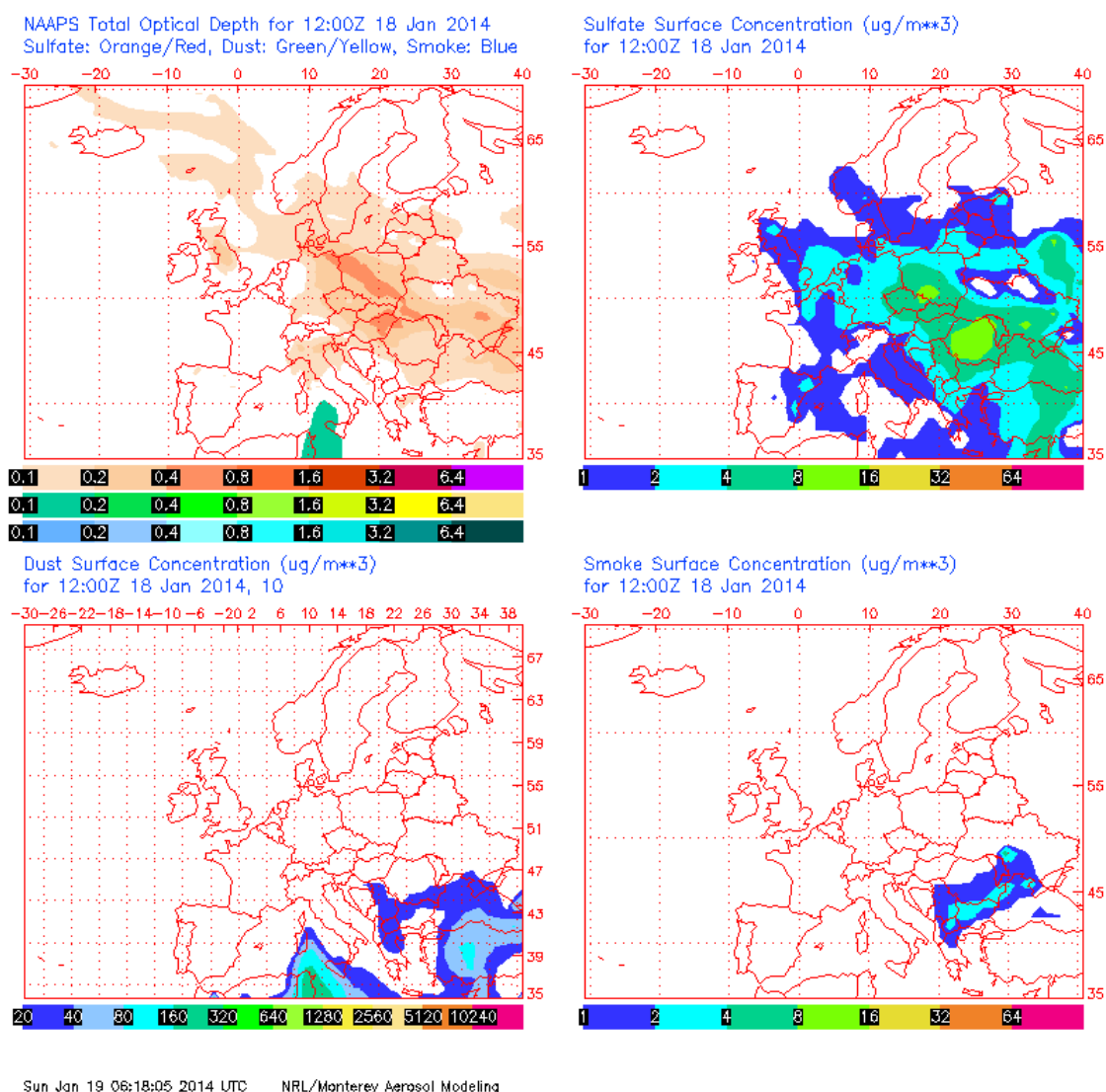
Gráfica 42. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 14/01/2014.



18 DE ENERO DE 2014

Se registró con el analizador automático una concentración de PM₁₀ de 57 µg/m³. La máxima horaria de altura de las olas en la boya de Estaca de Bares fue de 6.7 m, lo cual supone un aviso de nivel naranja y la altura media de las olas fue de 5.2 m. No hay datos de la boya de Punta Langosteira para esta fecha. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 51.98 km/h, lo cual se corresponde con un viento fuerte.

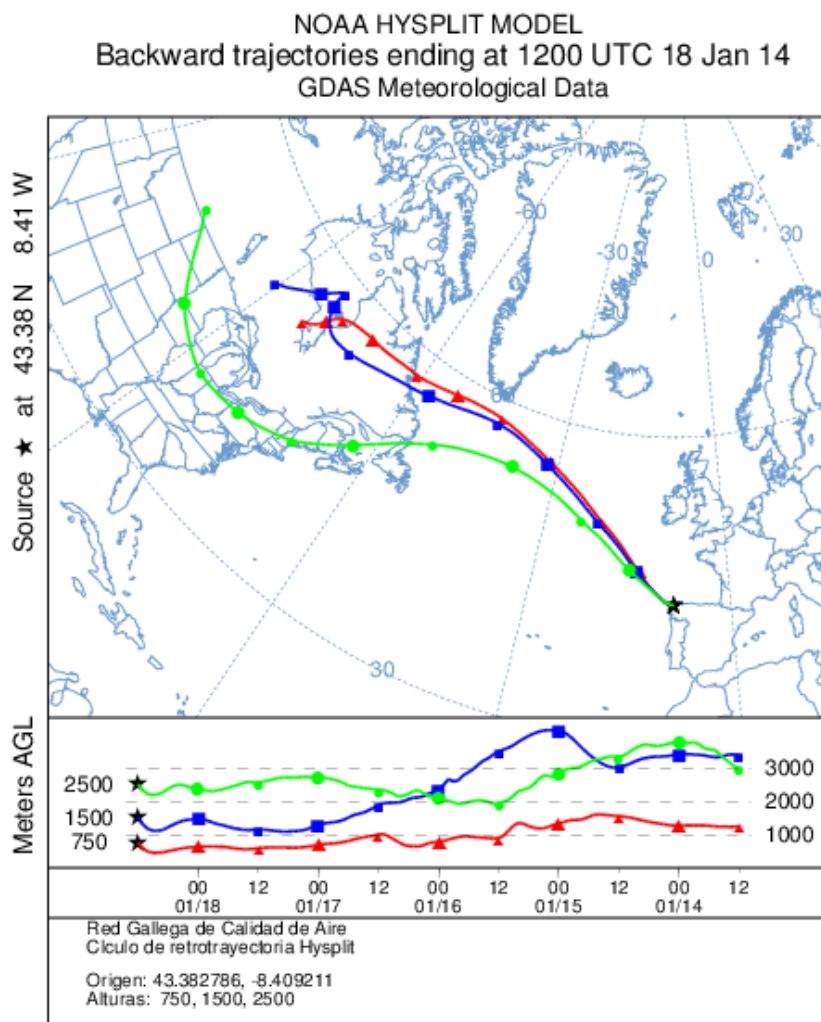
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 43 muestra que no existe sulfato en superficie. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 43. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 18/01/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 44 muestra que las masas de aire proceden del transporte a largas distancias desde el norte del continente americano y de zonas limpias como el Océano Atlántico.



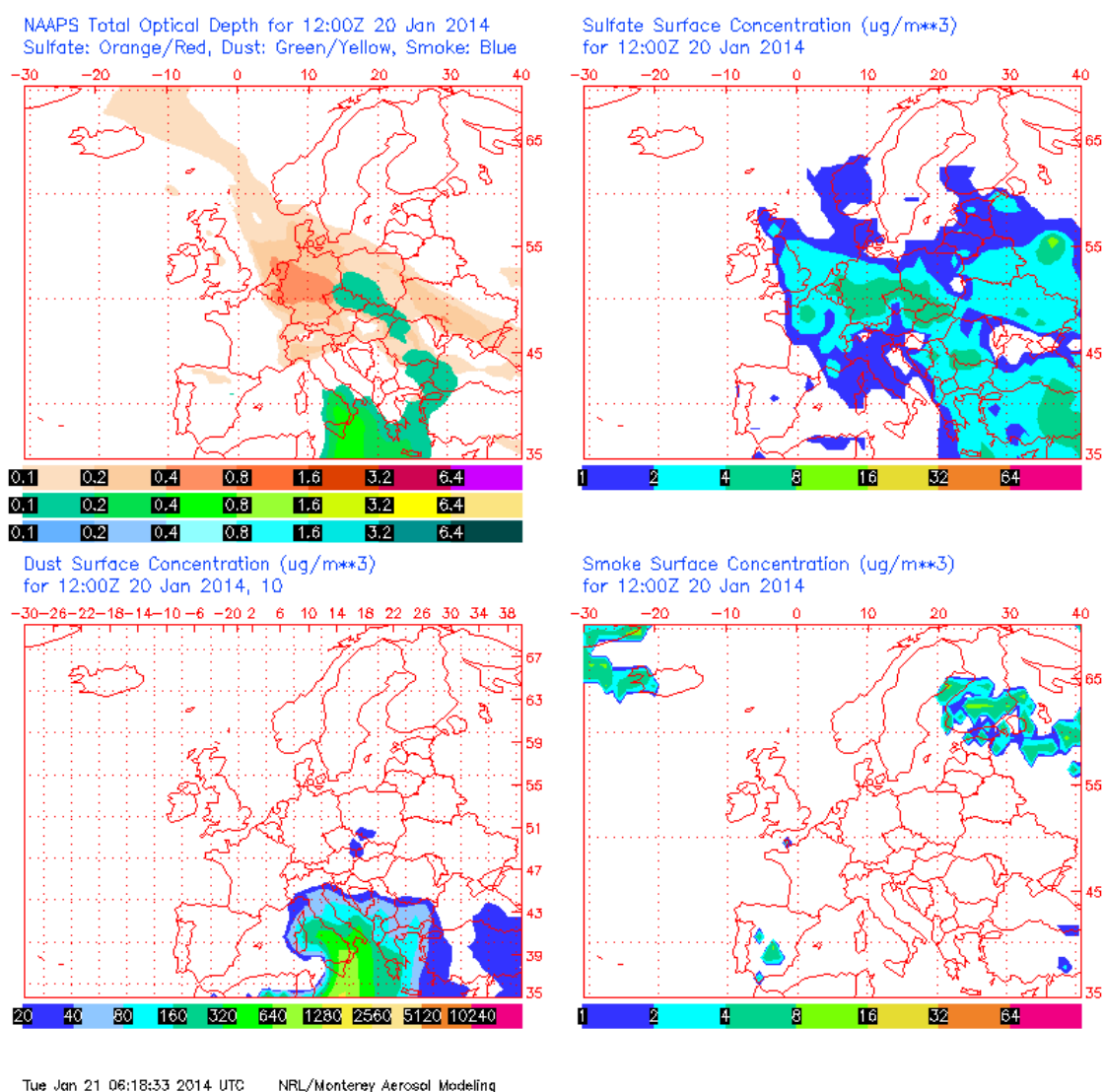
Gráfica 44. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 18/01/2014.



20 DE ENERO DE 2014

La concentración de PM₁₀ fue de 54 µg/m³ medida con el analizador automático. En esta fecha se registró una máxima horaria de altura de las olas de 3.87 m en la boya de Estaca de Bares, lo cual no llega al umbral de aviso de nivel amarillo. La altura media de las olas fue de 3.45 m. No hay datos de la boya de Punta Langosteira para esta fecha. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 47.74 km/h, lo cual se corresponde con un viento fuerte.

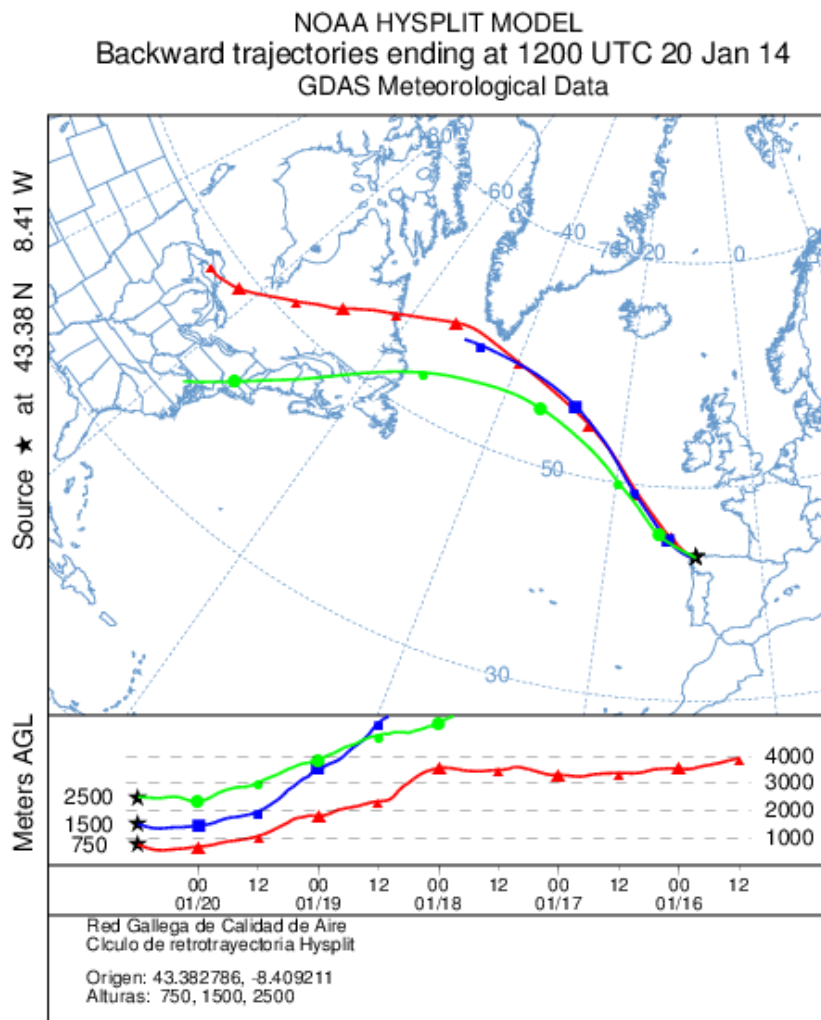
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 45 no muestra concentraciones de sulfato en superficie. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 45. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 20/01/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 46 muestra que las masas de aire proceden del transporte a largas distancias desde el norte del continente americano y de zonas limpias como el Océano Atlántico.



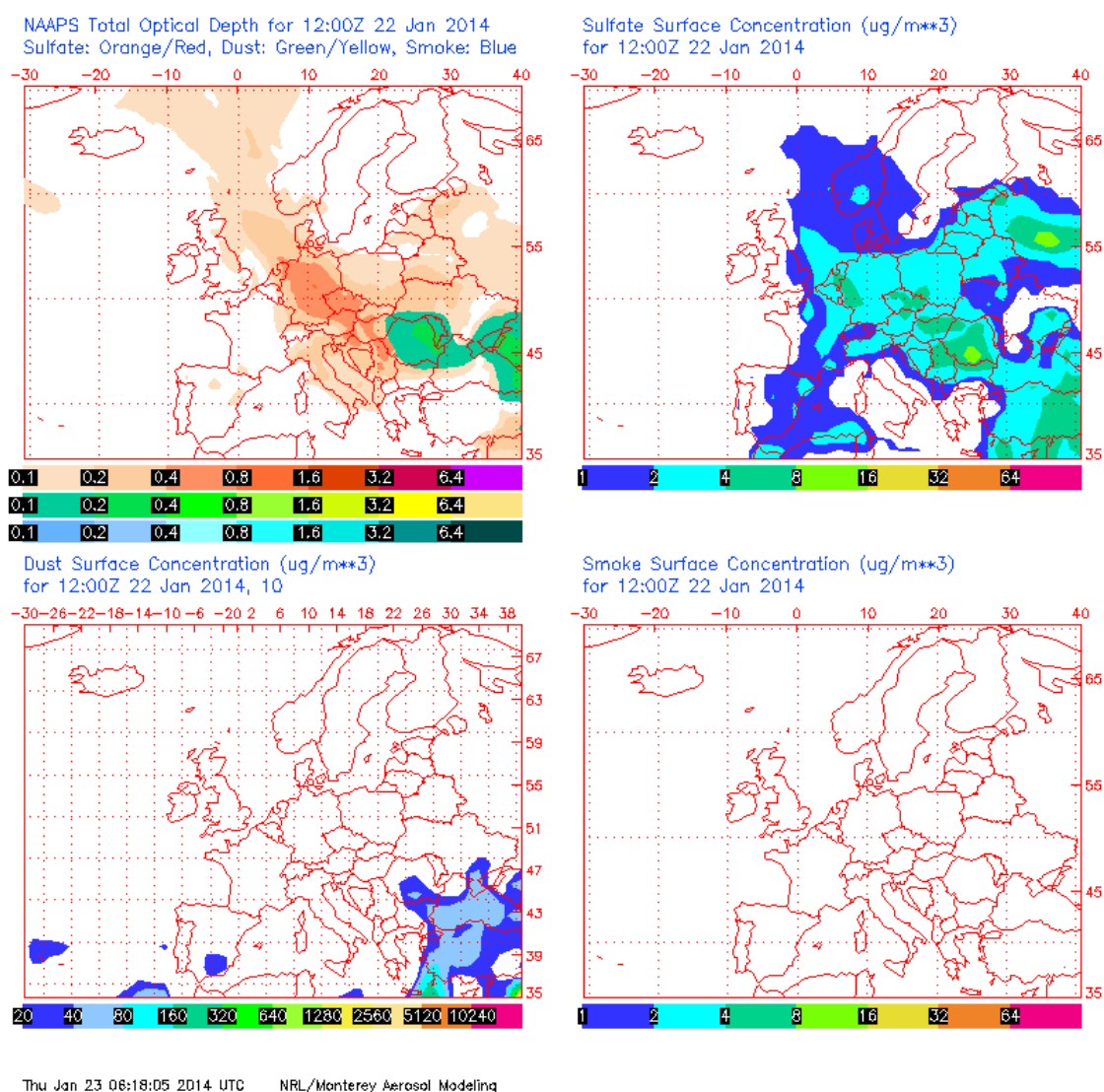
Gráfica 46. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 20/01/2014.



22 DE ENERO DE 2014

Se produxo superación do VLd de PM₁₀, ya que a concentración registrada con el analizador automático de 54 µg/m³. En la boya de Estaca de Bares se midió una altura máxima horarias de las olas de 5.0 m, lo cual se corresponde con aviso de nivel naranja y la altura media de las olas fue de 3.6 m. No hay datos de la boya de Punta Langosteira para esta fecha. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 58.93 km/h, lo cual se corresponde con un viento fuerte.

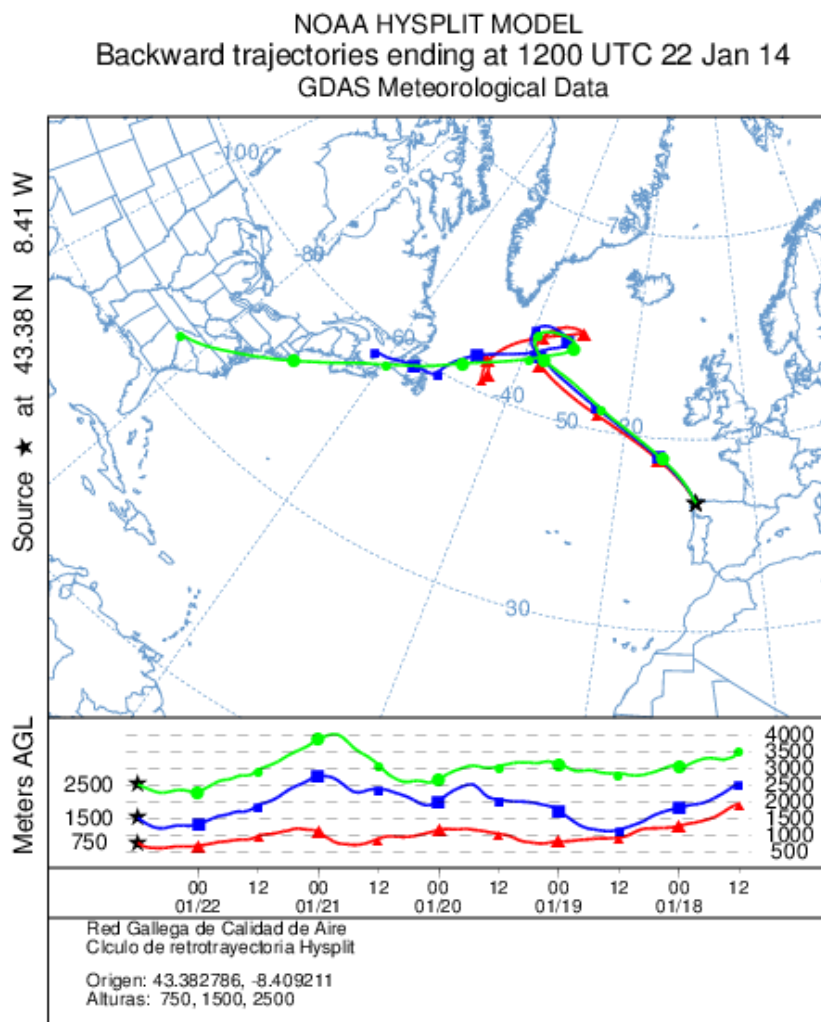
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 47 no muestra la presencia de sulfato en superficie. Tampoco se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 47. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 22/01/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 48 muestra que las masas de aire proceden del transporte a largas distancias desde el norte del continente americano y de zonas limpias como el Océano Atlántico.

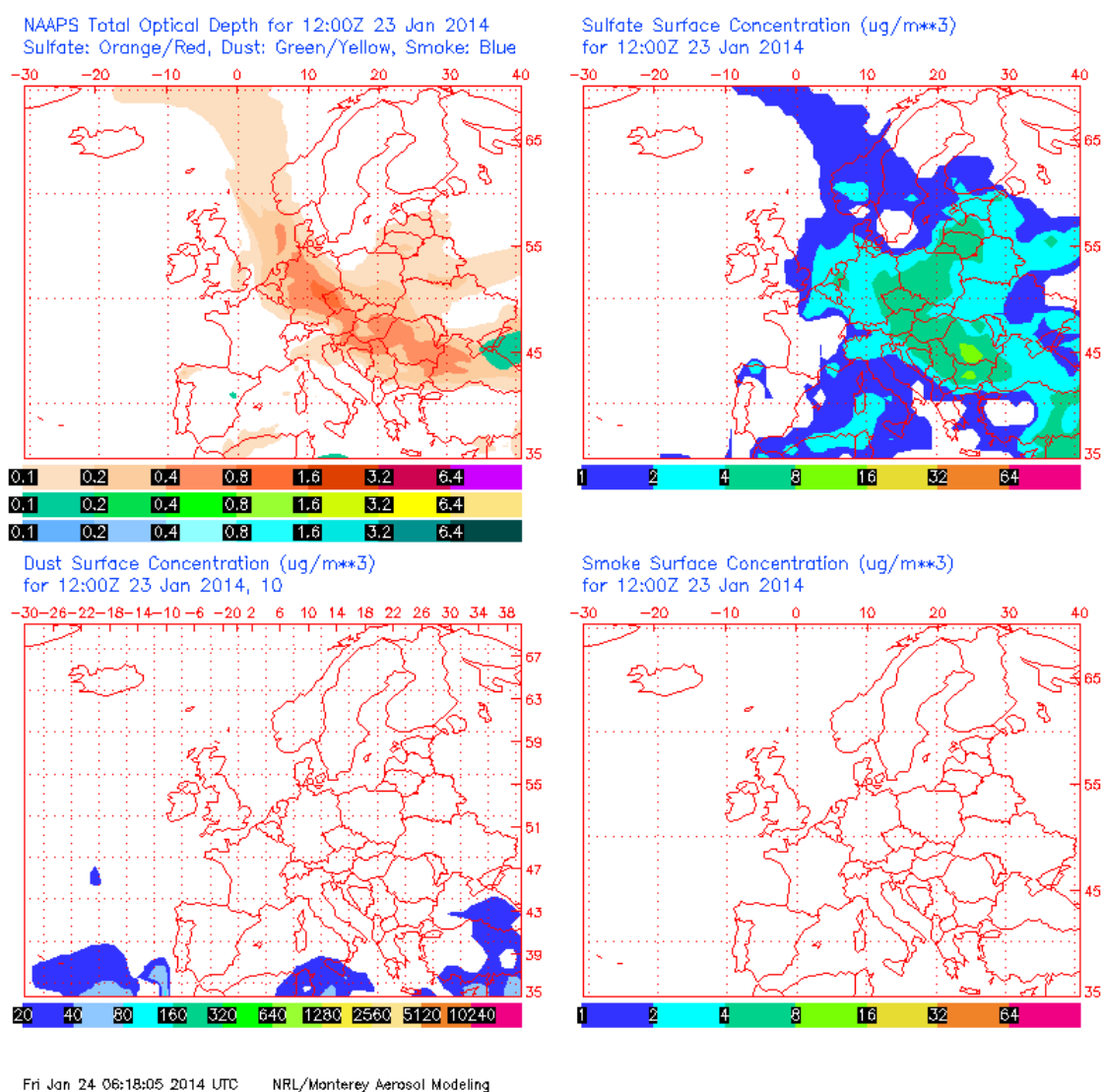


Gráfica 48. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 22/01/2014.

23 DE ENERO DE 2014

La concentración de PM₁₀ fue de 76 µg/m³, medida con el analizador automático. Se registraron máximas horarias de altura de las olas de 4.3 m en la boya de Estaca de Bares, lo cual supone un aviso de nivel amarillo y la altura media de las olas fue de 3.3 m. No hay datos de la boya de Punta Langosteira para esta fecha. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 31.03 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

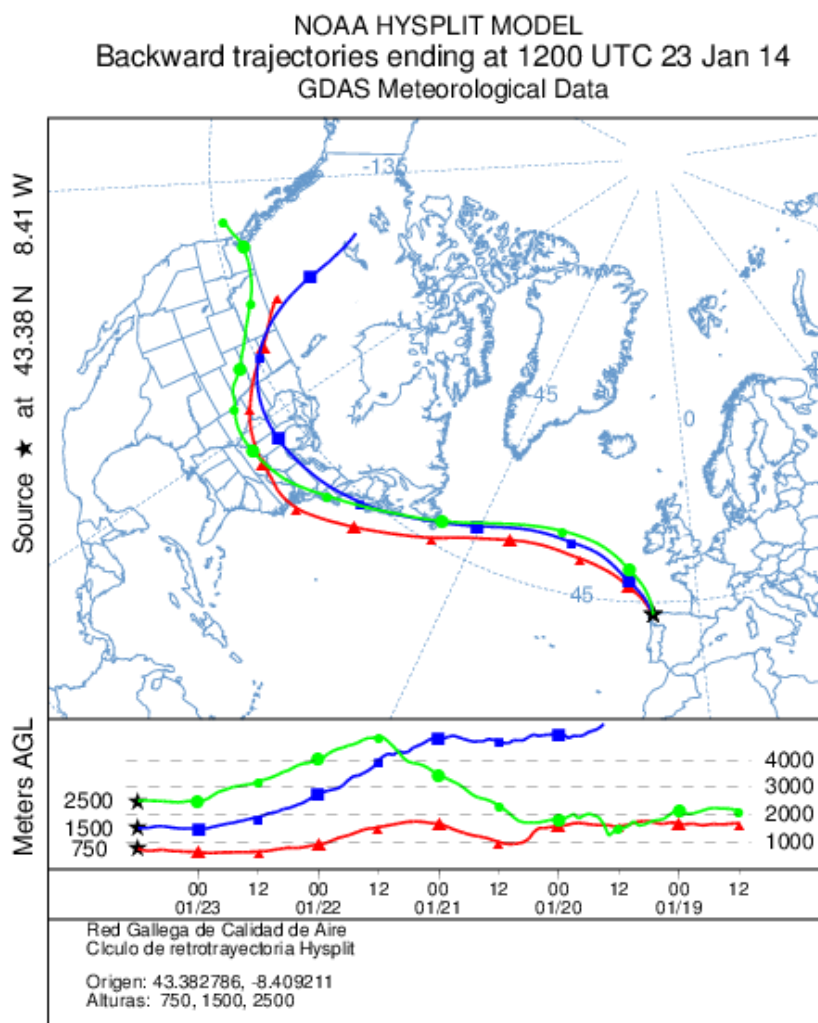
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 49 muestra bajas concentraciones de sulfato en superficie, entre 1-4 µg/m³. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 49. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 23/01/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 50 muestra que las masas de aire proceden del transporte a largas distancias desde el norte del continente americano y de zonas limpias como el Océano Atlántico.



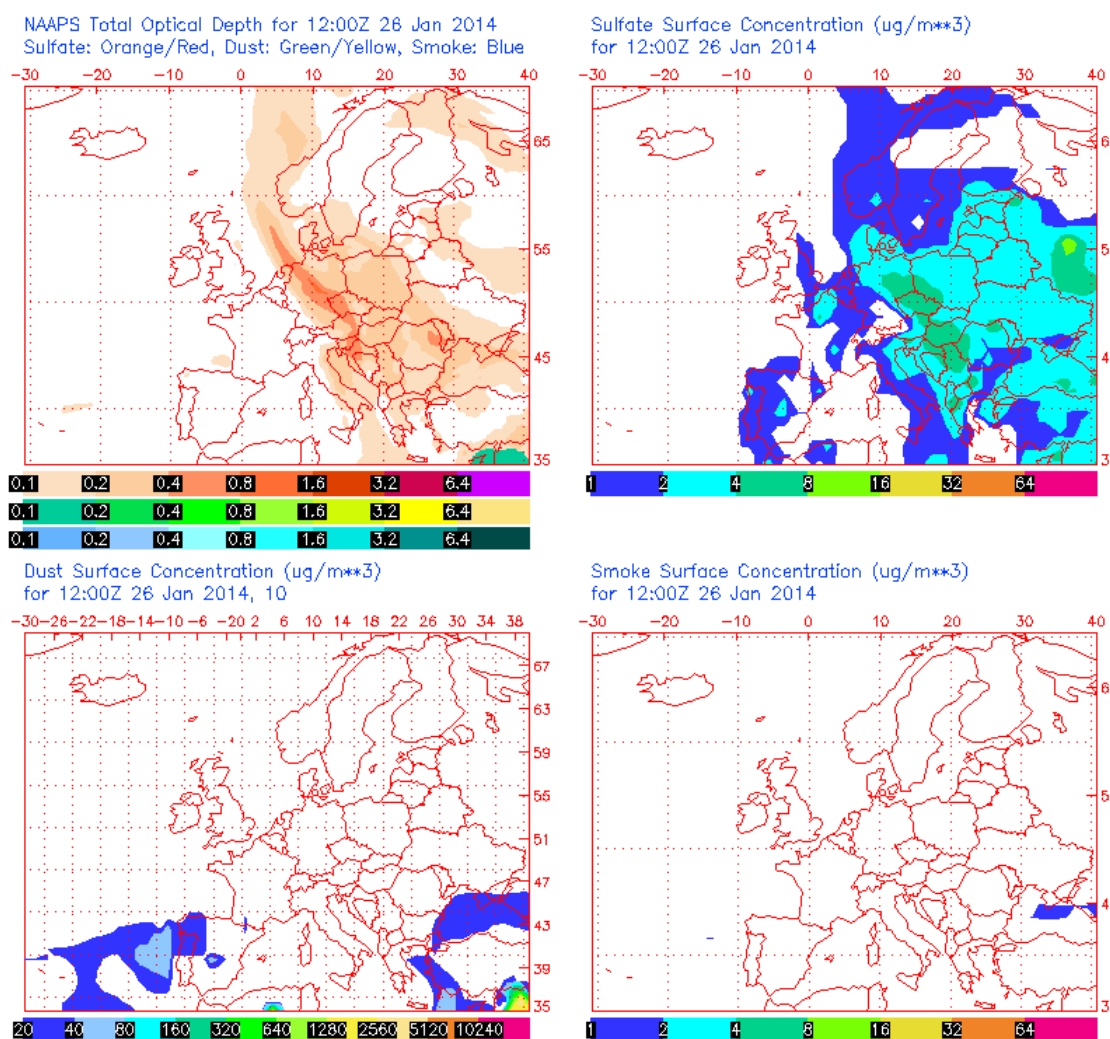
Gráfica 50. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 23/01/2014.



26 DE ENERO DE 2014

Se midieron de 59 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} con el analizador automático. Se registraron máximas horarias de altura de las olas de 5.9 m en la boya de Estaca de Bares, lo cual se corresponde con un aviso de nivel naranja. La altura media de las olas fue de 4.9 m. Tampoco hay datos de la boya de Punta Langosteira para esta fecha. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 60.34 km/h, lo cual se corresponde con un viento fuerte.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 51 muestra bajas concentraciones de sulfato en superficie, entre 1-2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.

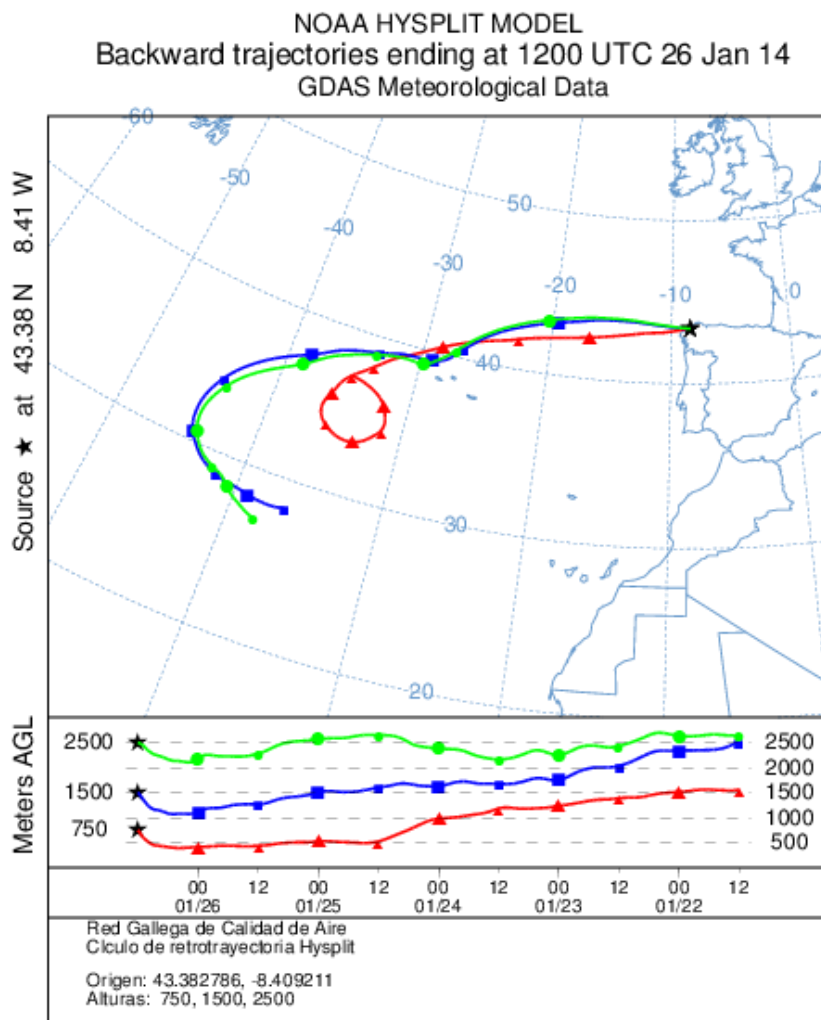


Mon Jan 27 06:18:06 2014 UTC NRL/Monterey Aerosol Modeling

Gráfica 51. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 26/01/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 52 muestra que las masas de aire proceden de zonas limpias como el Océano Atlántico.

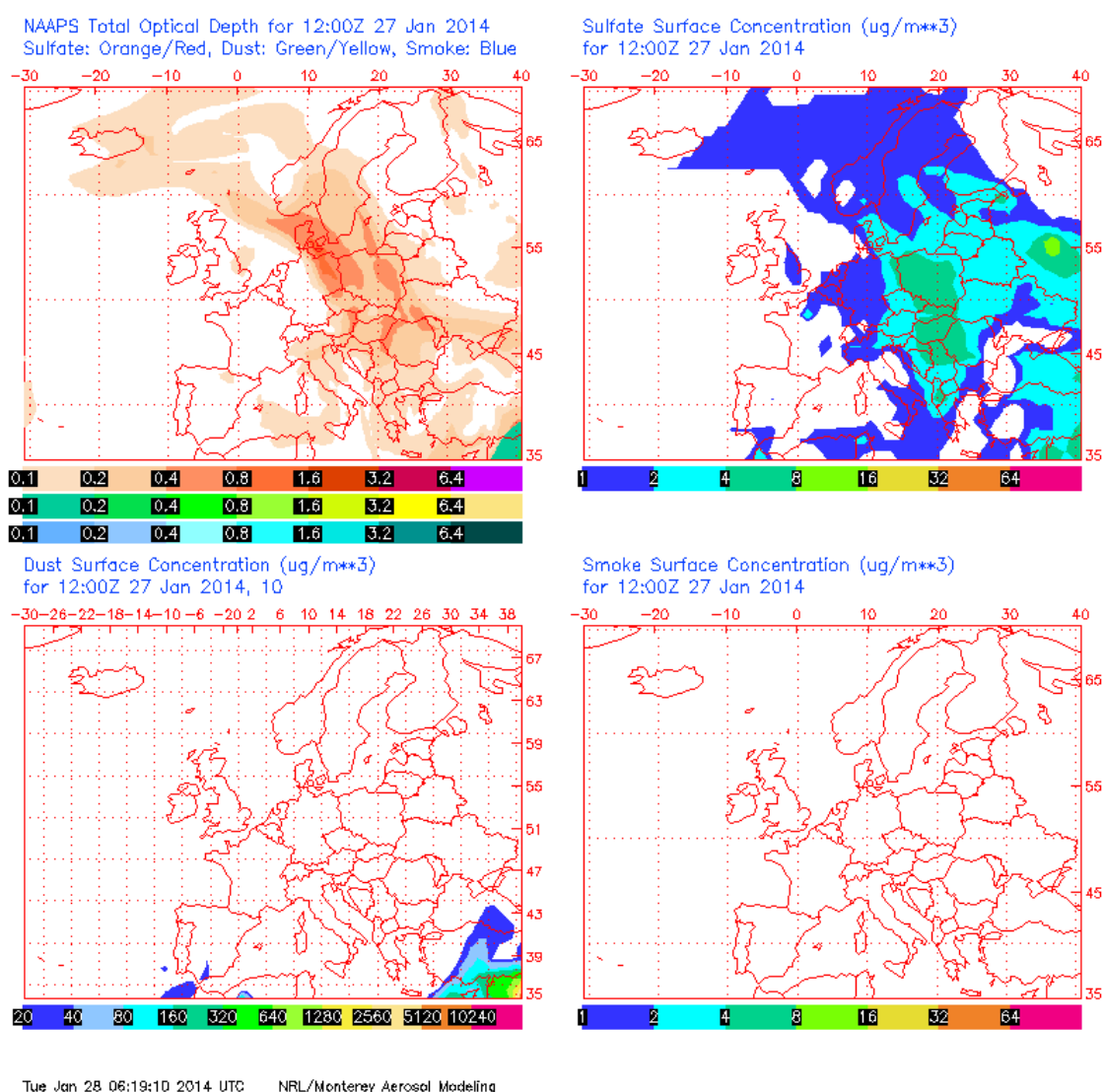


Gráfica 52. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 26/01/2014.

27 DE ENERO DE 2014

La concentración de PM₁₀ medida con el analizador automático fue de 60 µg/m³. Este día se registraron máximas horarias de altura de las olas de 8.4 m en la boya de Estaca de Bares, lo cual supone un aviso de nivel rojo. La altura media de las olas fue de 7.1 m. Tampoco hay datos de la boya de Punta Langosteira para esta fecha. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 77.04 km/h, lo cual se corresponde con un viento muy fuerte.

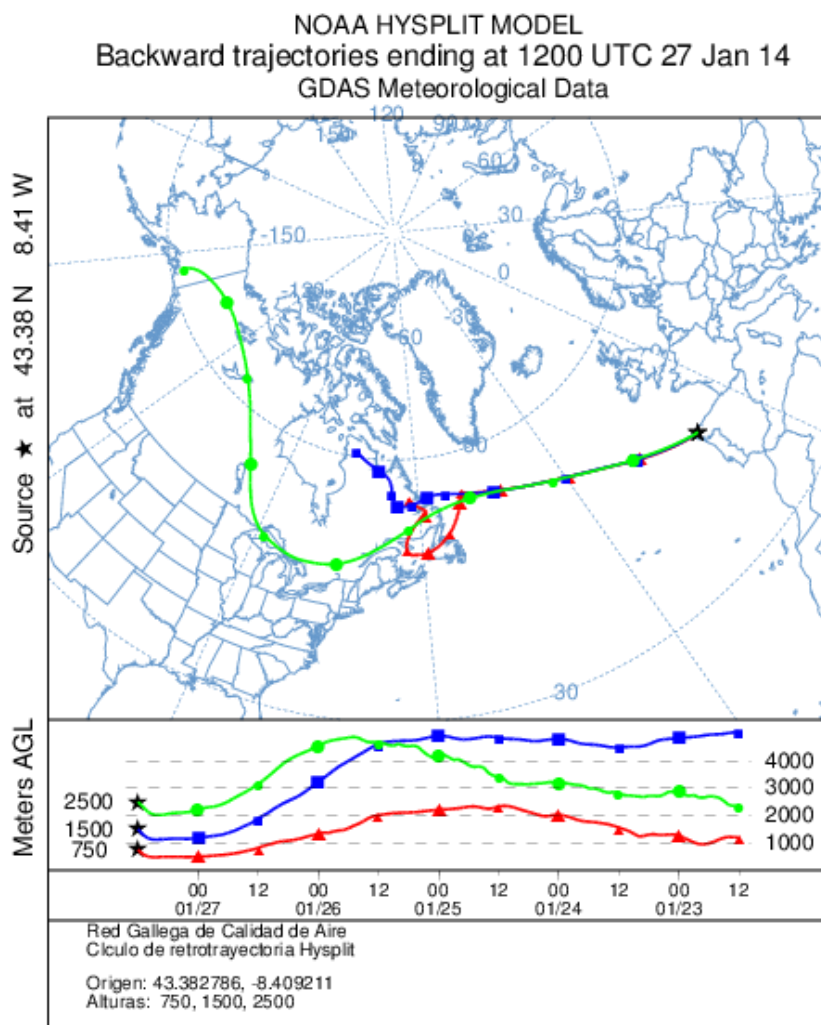
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 53 muestra nulas concentraciones de sulfato en superficie. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 53. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 27/01/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 54 muestra que las masas de aire proceden del transporte a largas distancias desde el norte del continente americano y de zonas limpias como el Océano Atlántico.



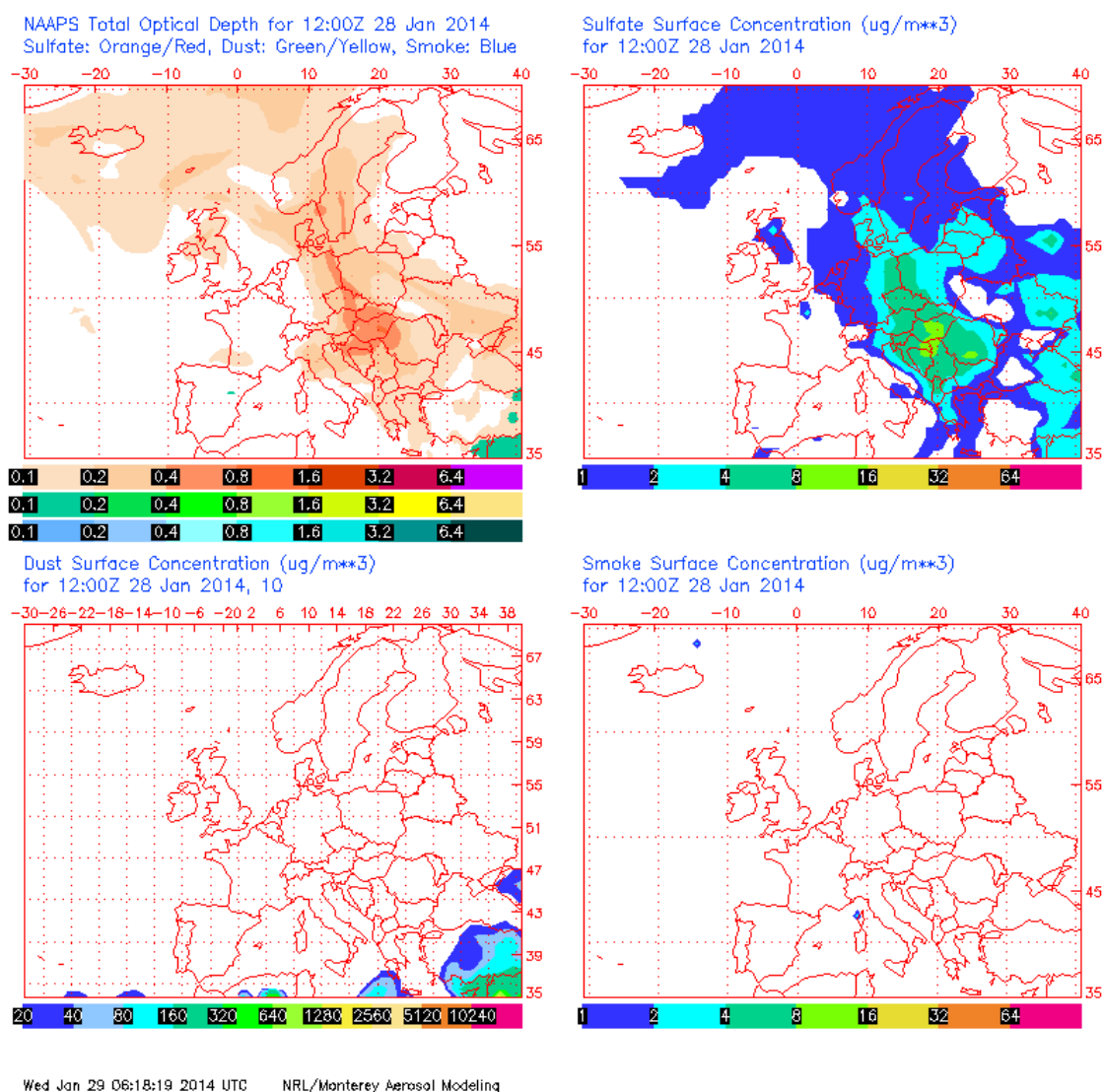
Gráfica 54. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOAA para el 27/01/2014.



28 DE ENERO DE 2014

El analizador automático de PM₁₀ midió 72 µg/m³ de media diaria. Se registraron máximas horarias de altura de las olas de 9.8 m en la boya de Estaca de Bares, lo cual se corresponde con aviso de nivel rojo. La altura media de las olas fue de 8.2 m. Tampoco hay datos de la boya de Punta Langosteira para esta fecha. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 96.55 km/h, lo cual se corresponde con un viento fuerte.

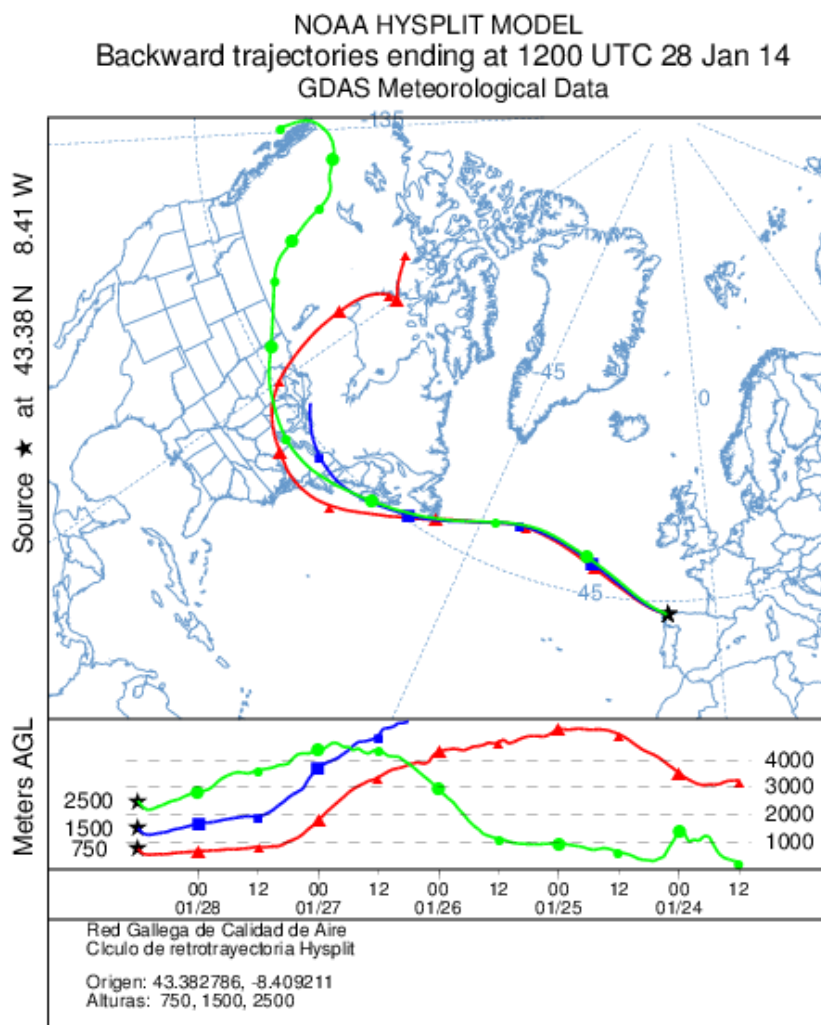
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 55 no muestra concentraciones de sulfato en superficie. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 55. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 28/01/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 56 muestra que las masas de aire proceden del transporte a largas distancias desde el norte del continente americano y de zonas limpias como el Océano Atlántico.



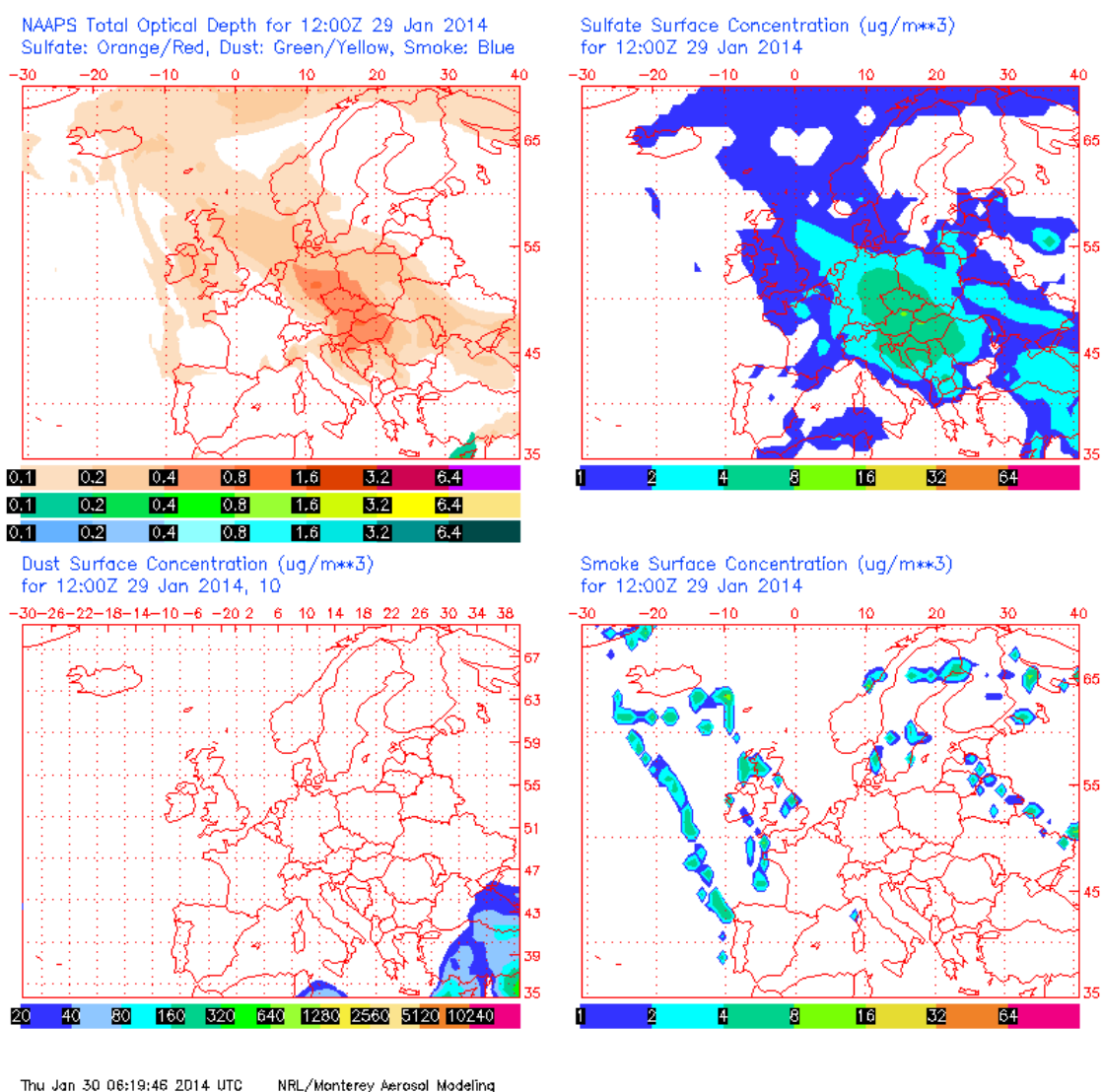
Gráfica 56. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 28/01/2014.



29 DE ENERO DE 2014

La media diaria de PM₁₀ fue de 70 µg/m³ recogida con el analizador automático. Se registraron máximas horarias de altura de las olas de 7.7 m en las boya de Estaca de Bares, lo cual supone un aviso de nivel naranja. La altura media de las olas fue de 6.2 m. Tampoco hay datos de la boya de Punta Langosteira para esta fecha. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 79.27 km/h, lo cual se corresponde con un viento muy fuerte.

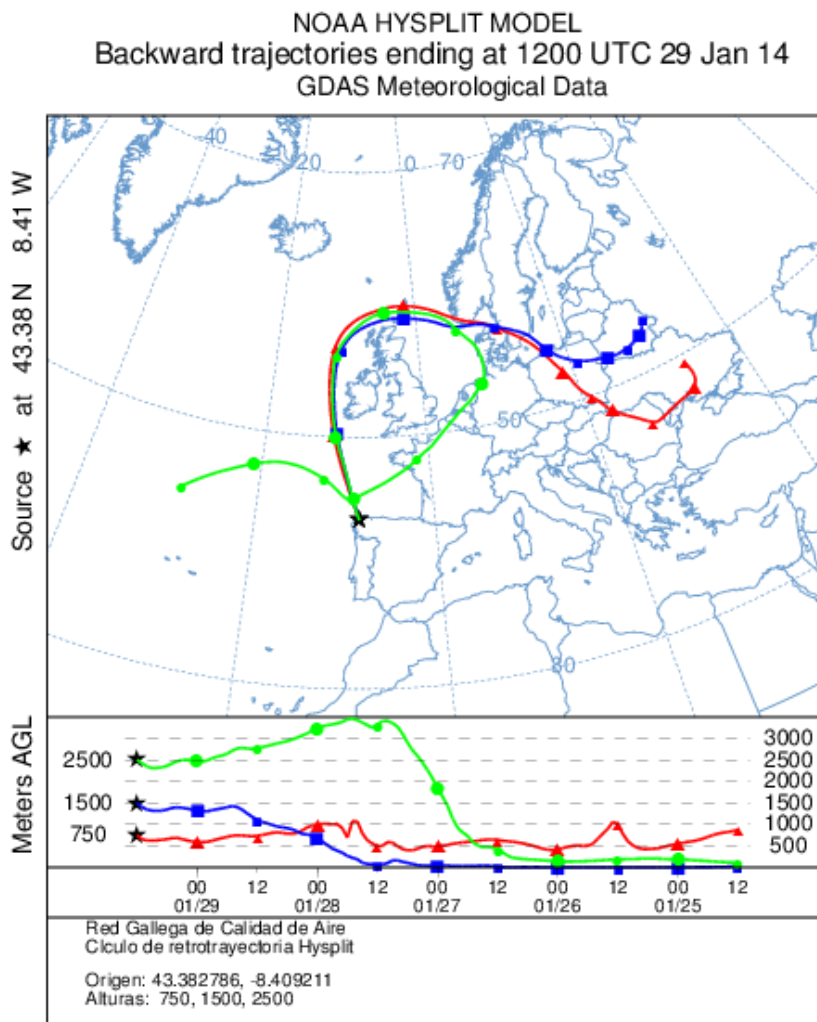
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 57 no muestra concentraciones de sulfato en superficie. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 57. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 29/01/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 58 muestra que las masas de aire proceden de distintas zonas según su altura. Mientras las masas de aire de 750 m de altura proceden del Océano Atlántico, las de 2500 m y 1500 m proceden del norte de Europa.

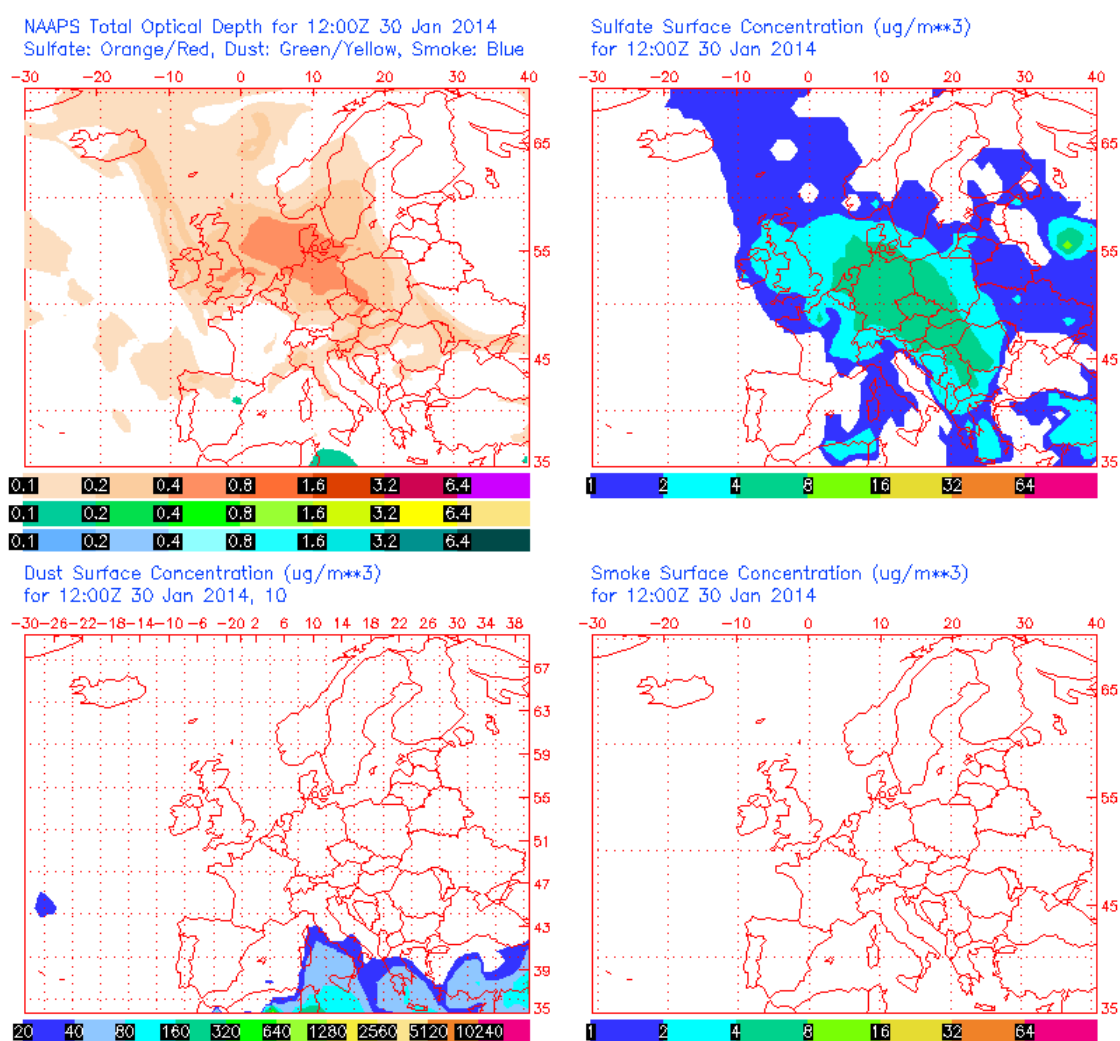


Gráfica 58. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 29/01/2014.

30 DE ENERO DE 2014

El analizador automático midió fue de $57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de media diaria para PM_{10} . Hubo máximas horarias de altura de las olas de 5.7 m en la boya de Estaca de Bares, lo cual supone un aviso de nivel amarillo. La altura media de las olas fue de 4.4 m. Tampoco hay datos de la boya de Punta Langosteira para esta fecha. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 55.26 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 59 muestra que no existe sulfato en superficie. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.

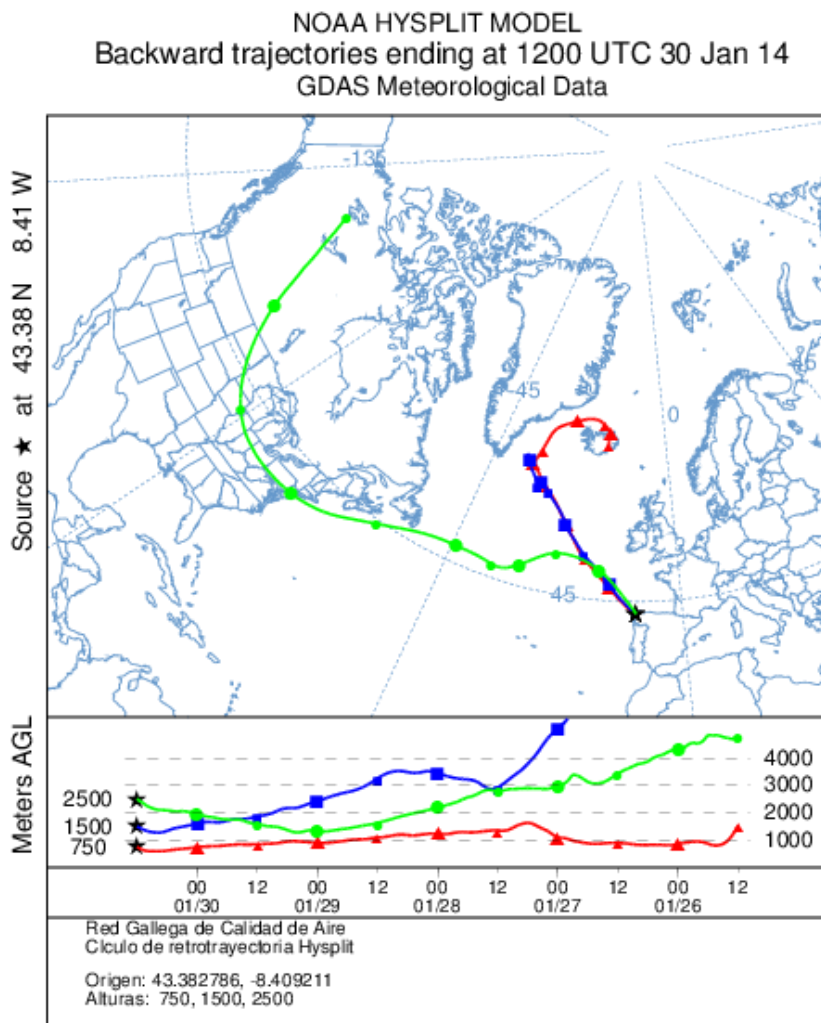


Fri Jan 31 06:18:18 2014 UTC NRL/Monterey Aerosol Modeling

Gráfica 59. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 30/01/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 60 muestra que las masas de aire proceden del transporte a largas distancias desde el norte del continente americano y de zonas limpias como el Océano Atlántico.



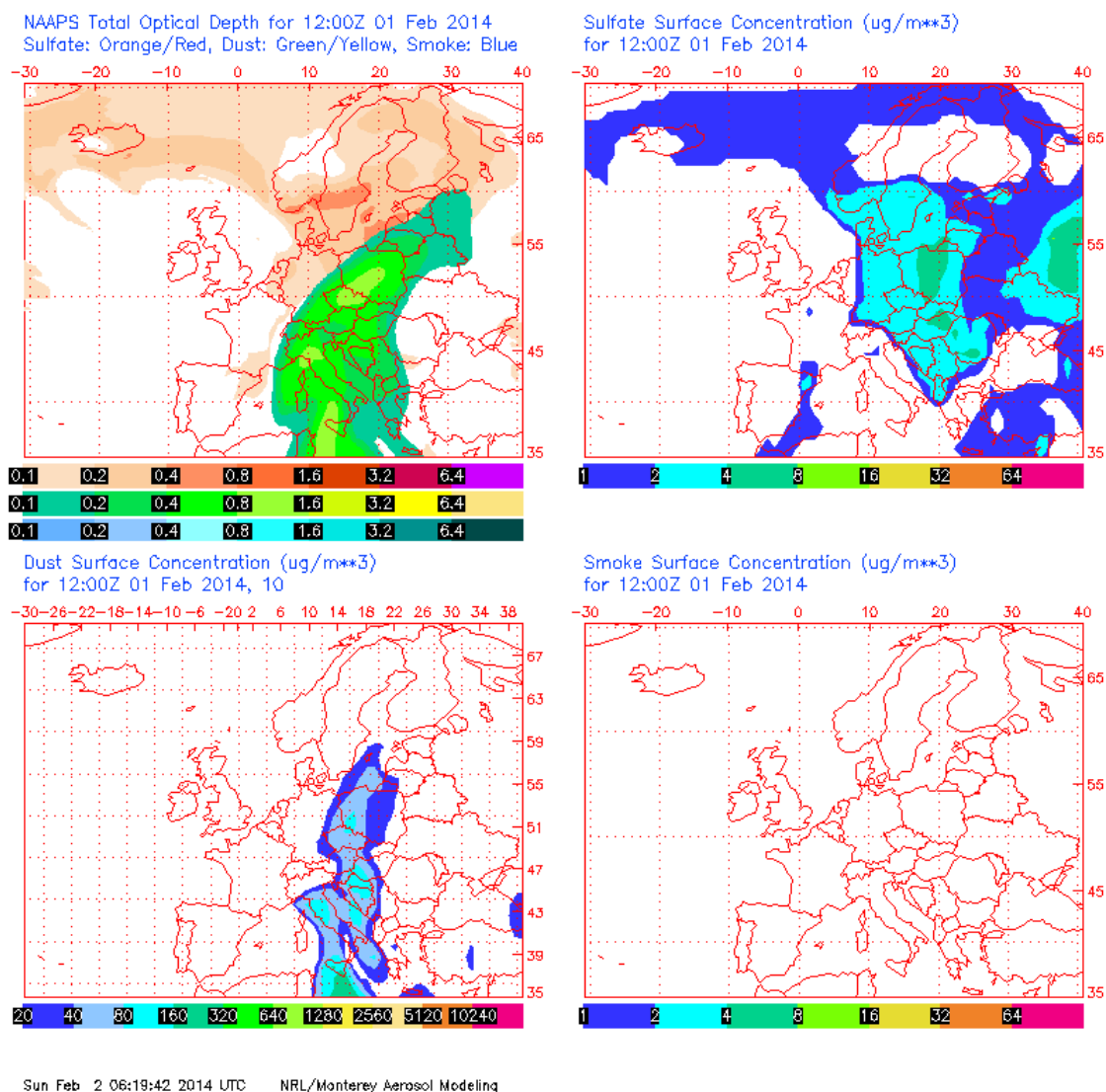
Gráfica 60. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 30/01/2014.



1 DE FEBRERO DE 2014

La concentración de PM₁₀ fue de 68 µg/m³ registrada con el analizador automático. Hubo máximas horarias de altura de las olas de 12.8 m en la boya de Estaca de Bares, lo cual supone un aviso de nivel rojo. La altura media de las olas fue de 7.5 m. Tampoco hay datos de la boya de Punta Langosteira para esta fecha. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 82.66 km/h, lo cual se corresponde con un viento muy fuerte.

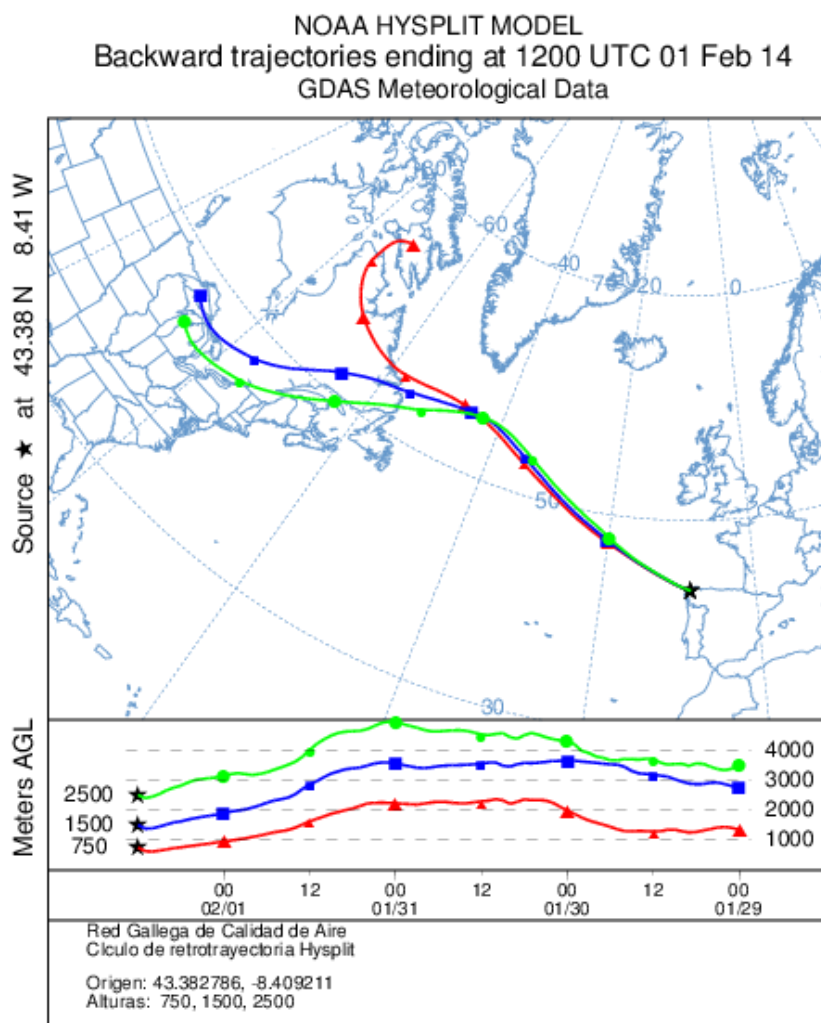
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 61 muestra que no existe sulfato en superficie. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 61. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 01/02/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 62 muestra que las masas de aire proceden del transporte a largas distancias desde el norte del continente americano y de zonas limpias como el Océano Atlántico.



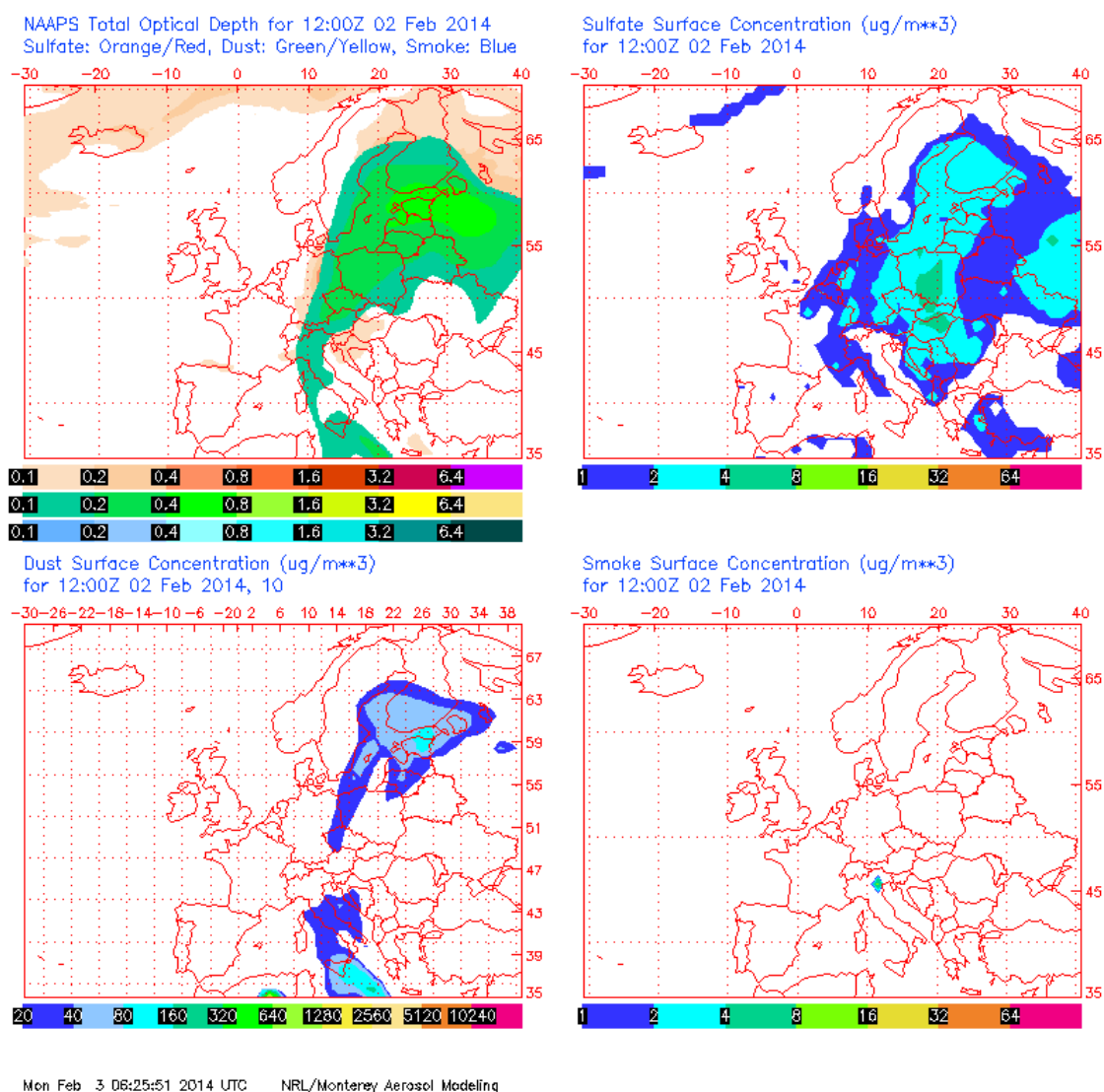
Gráfica 62. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 02/02/2014.



2 DE FEBRERO DE 2014

La medida diaria de PM₁₀ fue de 64 µg/m³ medida con el analizador automático. Se registraron máximas horarias de altura de las olas de 11.1 m en la boya de Estaca de Bares, lo cual supone un aviso de nivel rojo. La altura media de las olas fue de 8.5 m. Tampoco hay datos de la boya de Punta Langosteira para esta fecha. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 87.95 km/h, lo cual se corresponde con un viento muy fuerte.

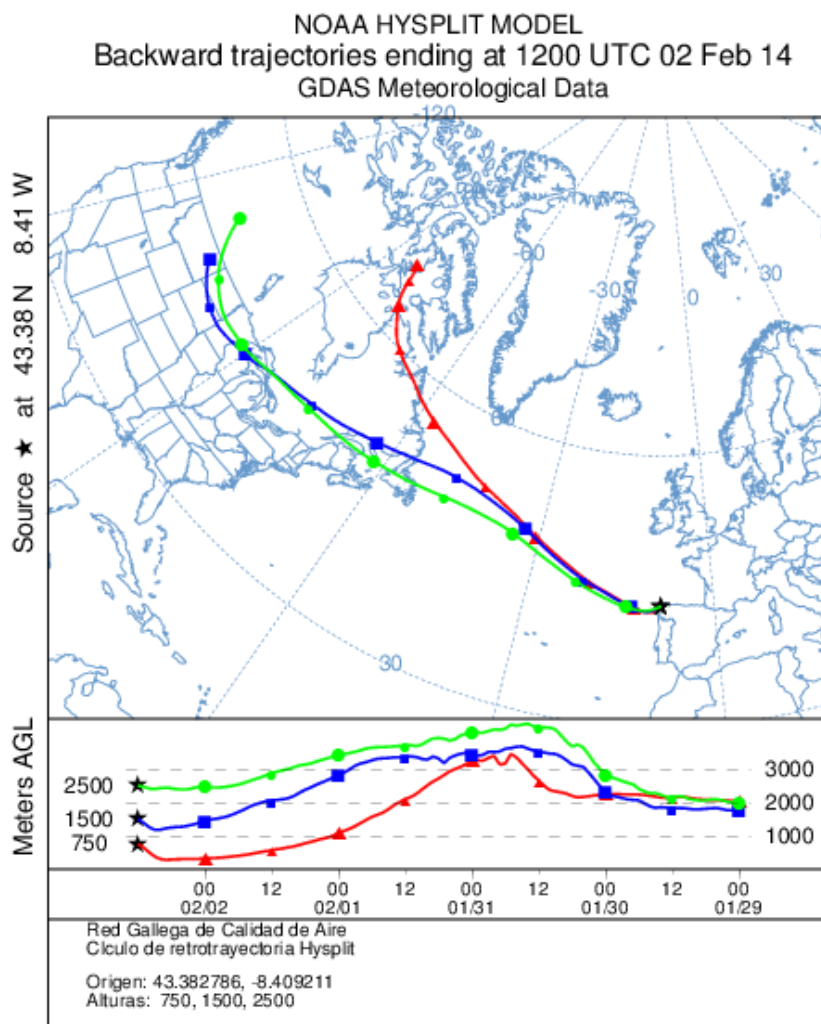
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 63 no muestra concentraciones de sulfato en superficie. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 63. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 02/02/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 64 muestra que las masas de aire proceden del transporte a largas distancias desde el norte del continente americano y de zonas limpias como el Océano Atlántico.

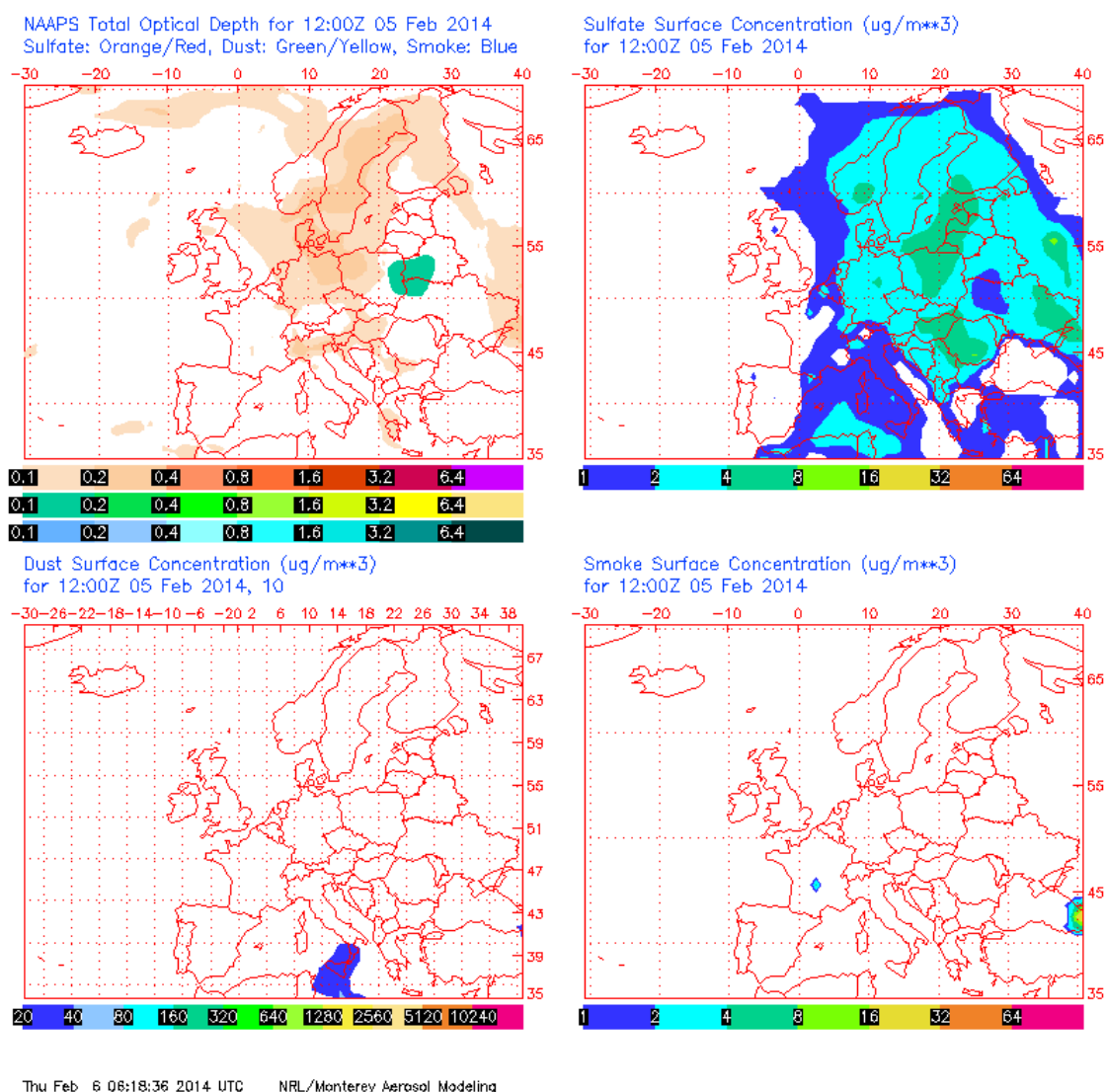


Gráfica 64. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 02/02/2014.

5 DE FEBRERO DE 2014

El analizador automático registró una concentración de PM₁₀ de 73 µg/m³. Hubo máximas horarias de altura de las olas de 12.5 m en la boya de Estaca de Bares, lo cual supone un aviso de nivel rojo. La altura media de las olas fue de 9.8 m. Tampoco hay datos de la boya de Punta Langosteira para esta fecha. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 96.55 km/h, lo cual se corresponde con un viento muy fuerte.

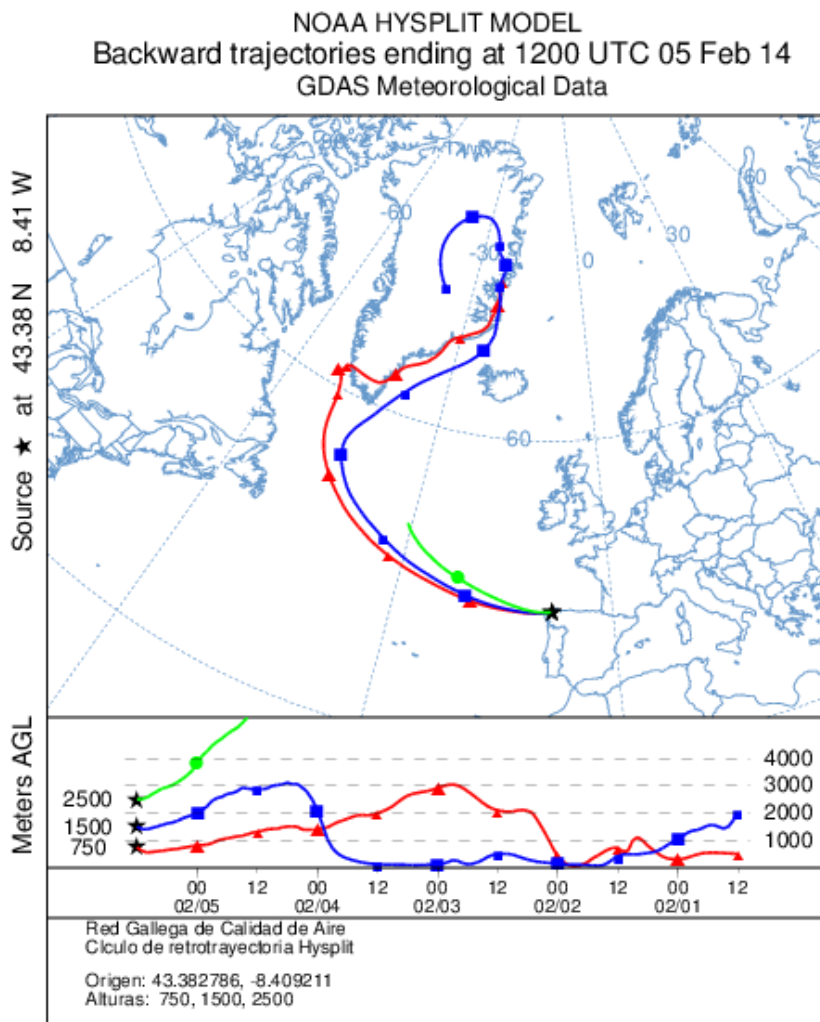
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 65 no muestra concentraciones de sulfato en superficie. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 65. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 05/02/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 66 muestra que las masas de aire proceden del transporte a largas distancias desde el norte del continente americano y de zonas limpias como el Océano Atlántico.

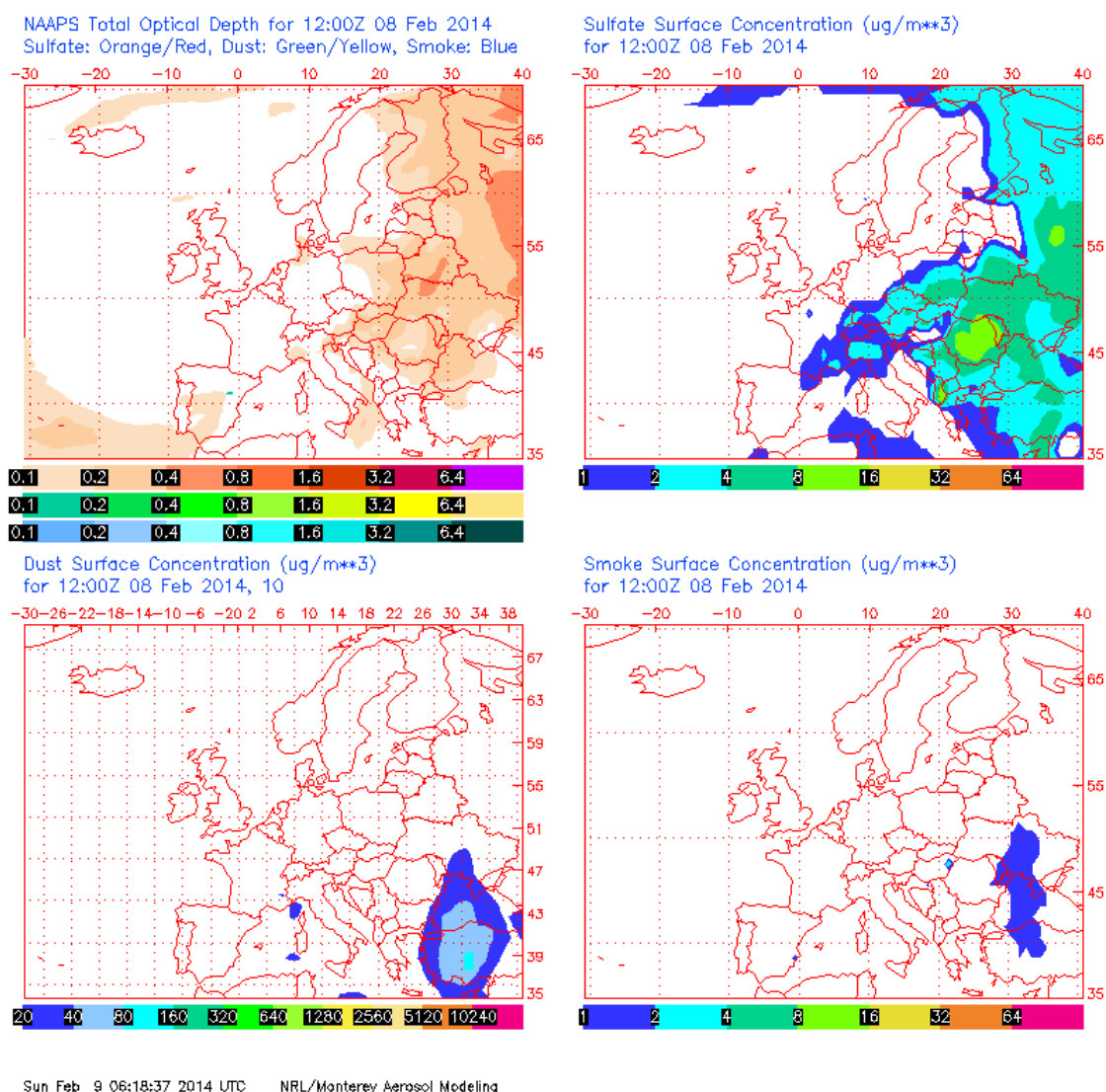


Gráfica 66. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 05/02/2014.

8 DE FEBRERO DE 2014

La concentración de PM₁₀ fue de 66 µg/m³ medida con el analizador automático. Se registraron máximas horarias de altura de las olas de 11.5 m en la boya de Estaca de Bares, lo cual supone un aviso de nivel rojo. La altura media de las olas fue de 8.4 m. Tampoco hay datos de la boya de Punta Langosteira para esta fecha. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 87.26 km/h, lo cual se corresponde con un viento muy fuerte.

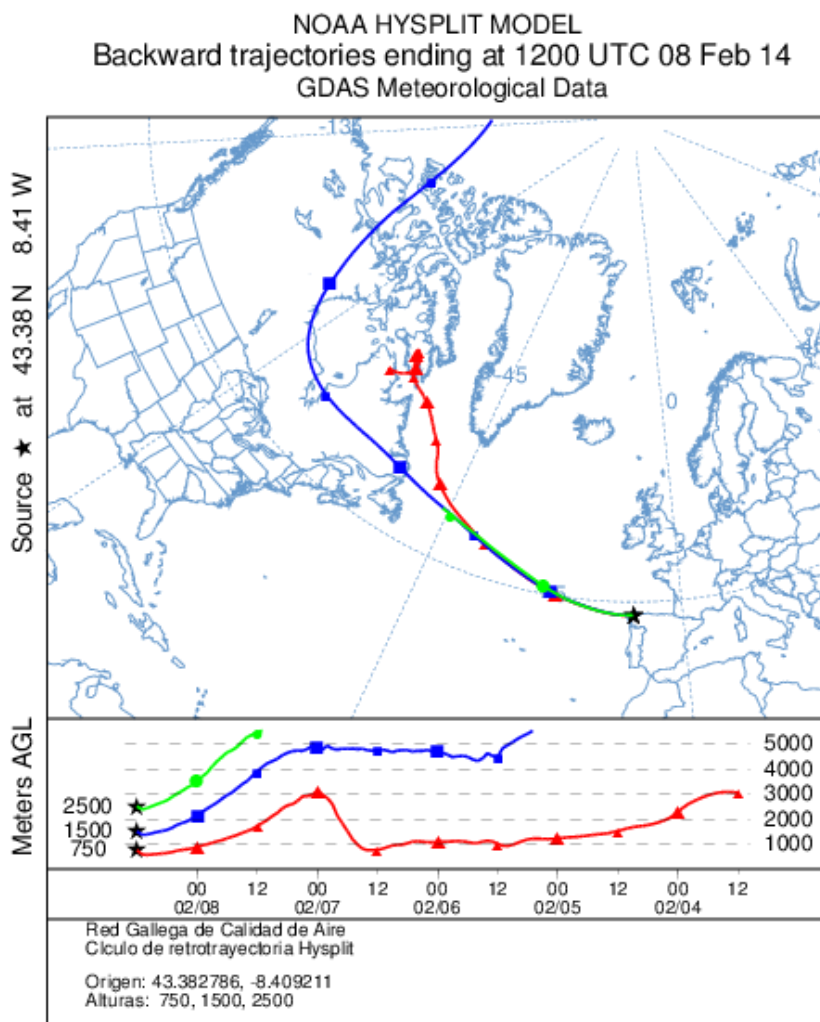
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 67 muestra que no existe sulfato en superficie. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 67. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 08/02/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 68 muestra que las masas de aire proceden del transporte a largas distancias desde el norte del continente americano y de zonas limpias como el Océano Atlántico.



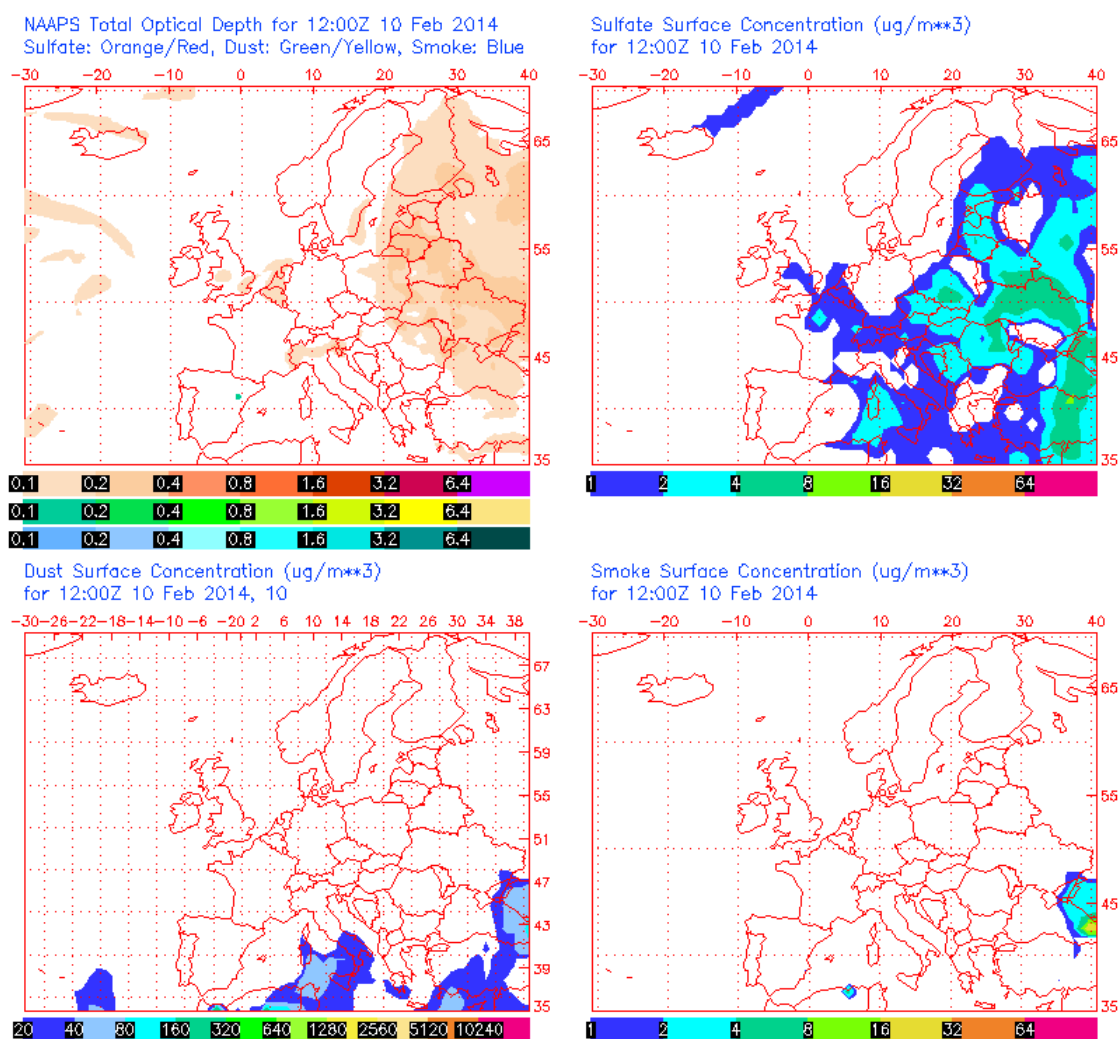
Gráfica 68. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 08/02/2014.



10 DE FEBRERO DE 2014

La media diaria de PM₁₀ fue de 61 µg/m³ medida con el analizador automático. Hubo máximas horarias de altura de las olas de 7.7 m en la boya de Estaca de Bares, lo cual supone un aviso de nivel naranja. La altura media de las olas fue de 6.7 m. Tampoco hay datos de la boya de Punta Langosteira para esta fecha. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 86.44 km/h, lo cual se corresponde con un viento muy fuerte.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 69 no muestra concentraciones de sulfato en superficie. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.

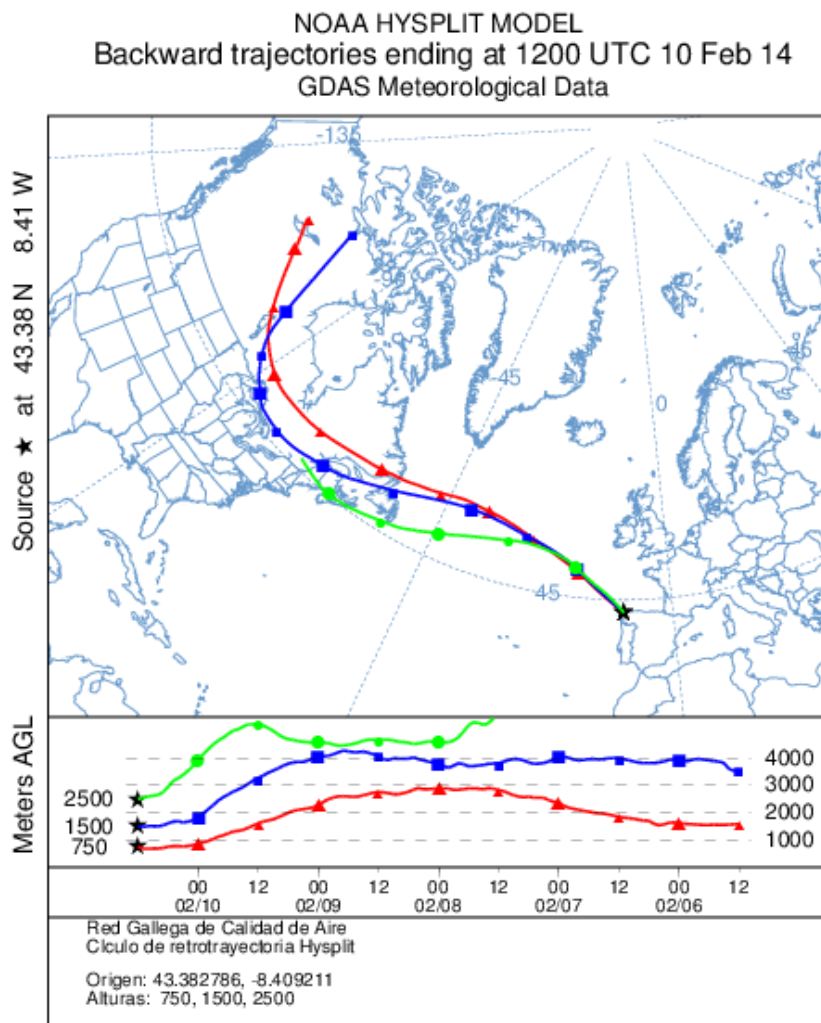


Tue Feb 11 06:18:42 2014 UTC NRL/Monterey Aerosol Modeling

Gráfica 69. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 10/02/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 70 muestra que las masas de aire proceden del transporte a largas distancias desde el norte del continente americano y de zonas limpias como el Océano Atlántico.



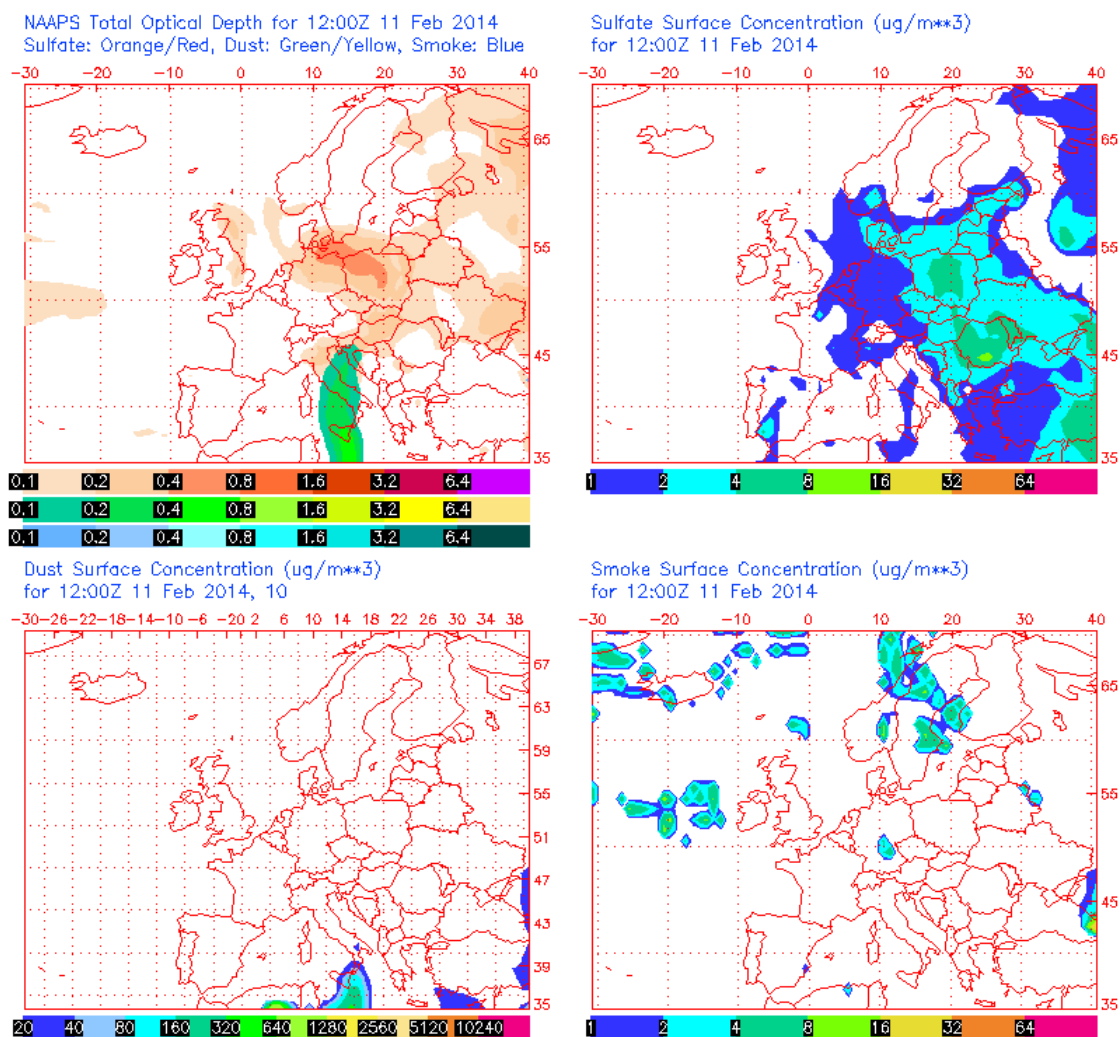
Gráfica 70. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 10/02/2014.



11 DE FEBRERO DE 2014

La media diaria de PM₁₀ fue de 54 µg/m³ medida con el analizador automático. Hubo máximas horarias de altura de las olas de 5.7 m en la boya de Estaca de Bares, lo cual supone un aviso de nivel naranja. La altura media de las olas fue de 4.7 m. Tampoco hay datos de la boya de Punta Langosteira para esta fecha. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 113.6 km/h, lo cual se corresponde con un viento muy fuerte.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 71 no muestra concentraciones de sulfato en superficie. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.

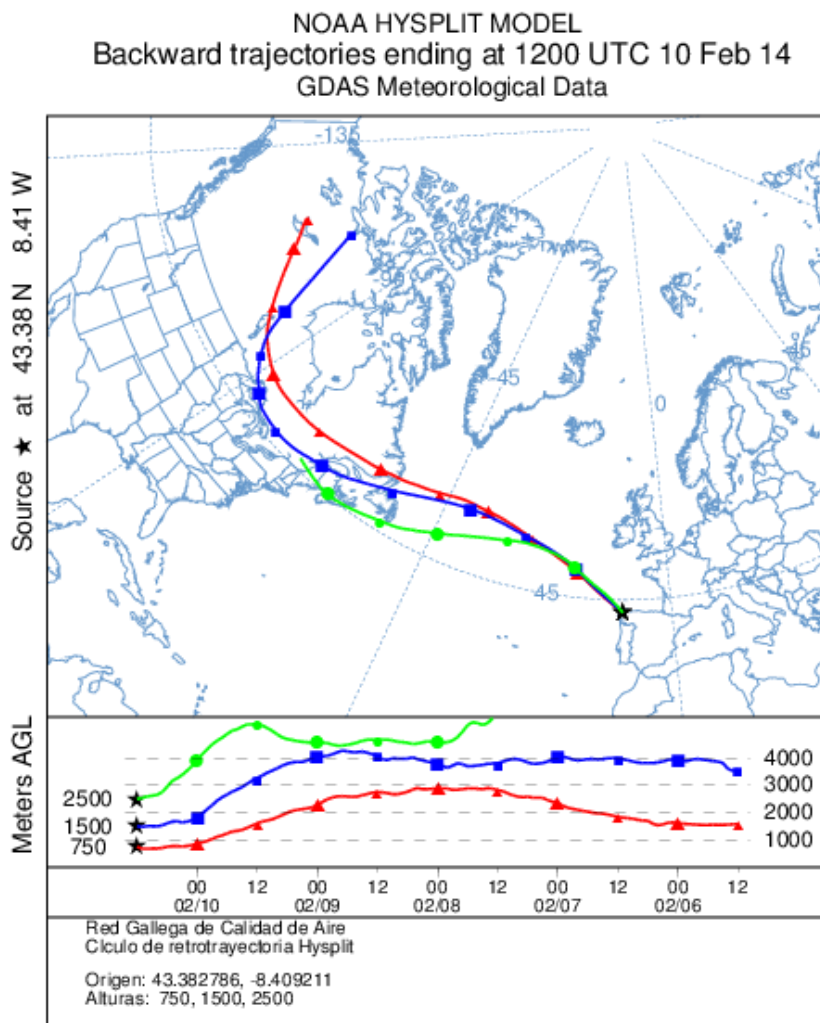


Wed Feb 12 06:18:32 2014 UTC NRL/Monterey Aerosol Modeling

Gráfica 71. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 11/02/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 72 muestra que las masas de aire proceden del transporte a largas distancias desde el norte del continente americano y de zonas limpias como el Océano Atlántico.

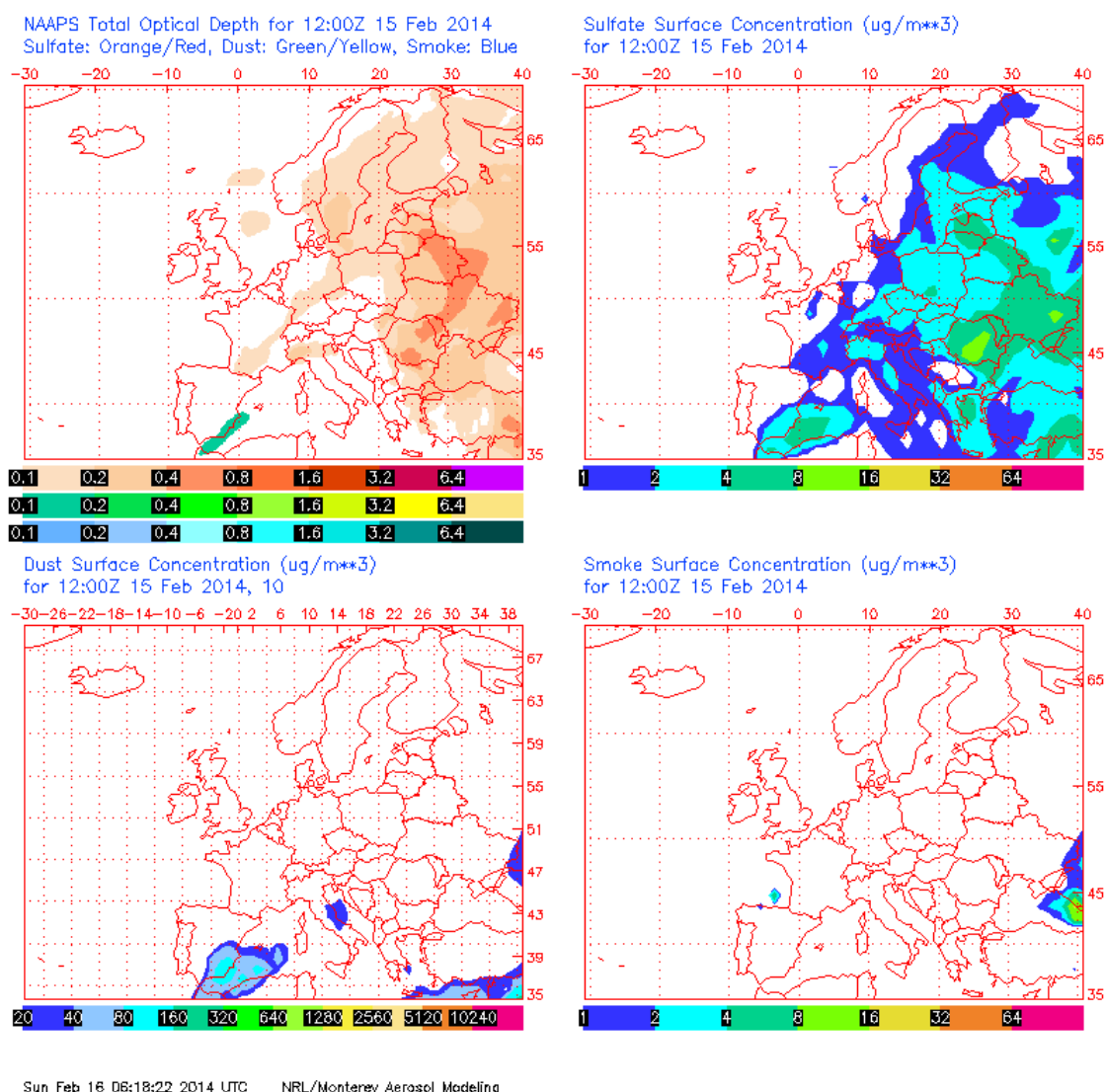


Gráfica 72. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 11/02/2014.

15 DE FEBRERO DE 2014

El analizador automático registró una medida diaria de PM₁₀ de 55 µg/m³. Hubo máximas horarias de altura de las olas de 7.15 m en la boya de Estaca de Bares, lo cual se corresponde con aviso de nivel naranja. La altura media de las olas fue de 6.65 m. Tampoco hay datos de la boya de Punta Langosteira para esta fecha. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 67.61 km/h, lo cual se corresponde con un viento fuerte.

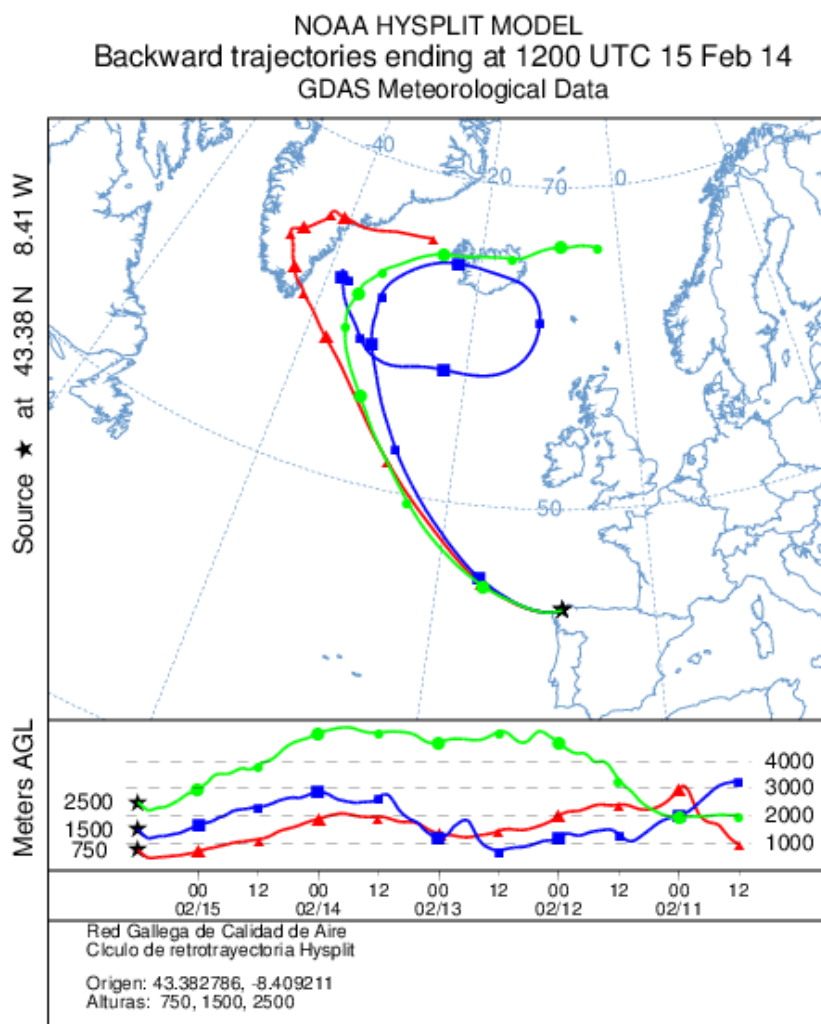
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 73 muestra que no existen concentraciones de sulfato en superficie. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 73. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 15/02/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 74 muestra que las masas de aire proceden del transporte a largas distancias desde zonas limpias como el Océano Atlántico.

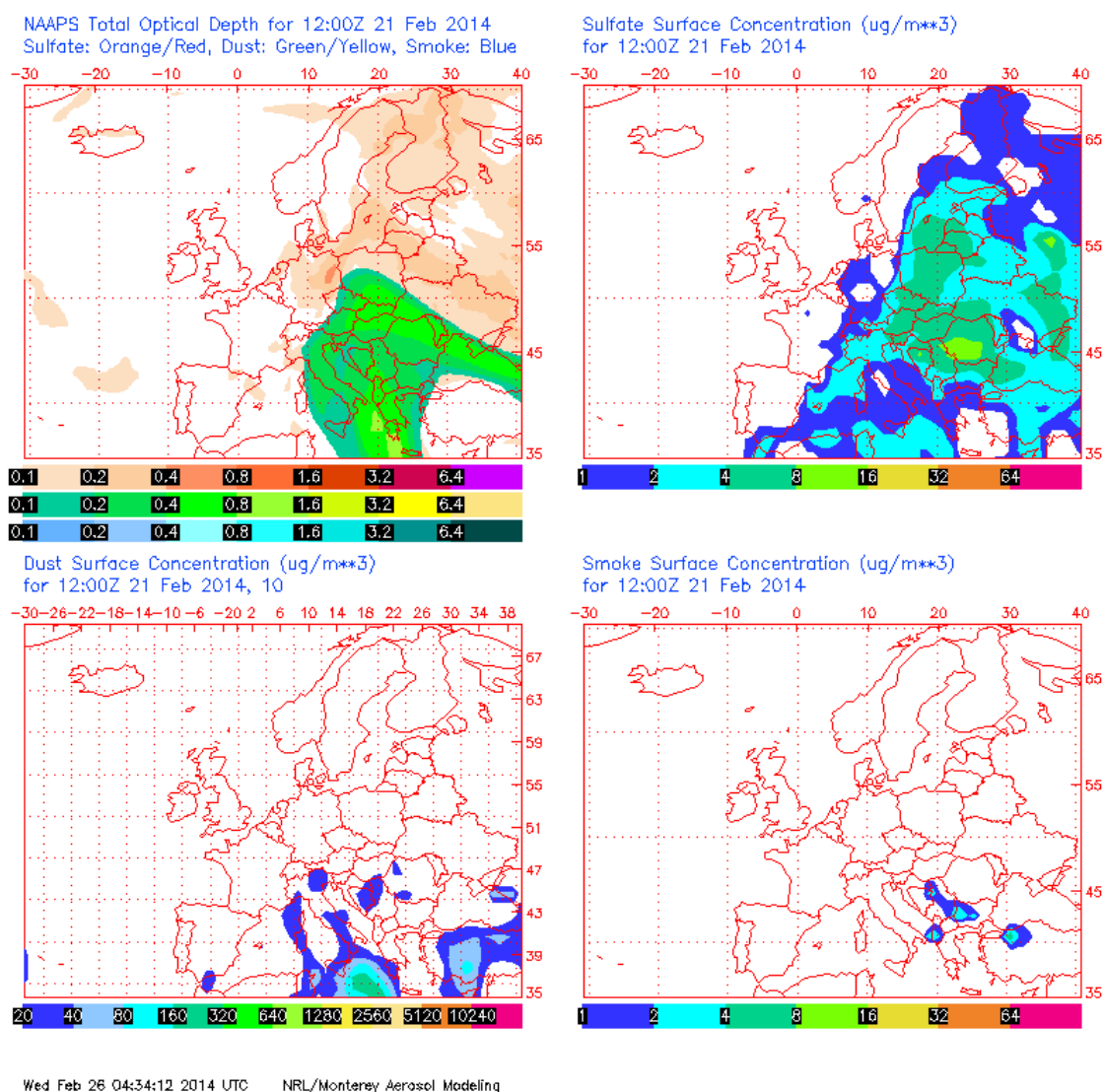


Gráfica 74. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 15/02/2014.

21 DE FEBRERO DE 2014

La concentración medida diaria de PM₁₀ fue de 51 µg/m³ medida con el analizador automático. No se disponen de datos de las alturas de ola en esta fecha. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 47.52 km/h, lo cual se corresponde con un viento fuerte.

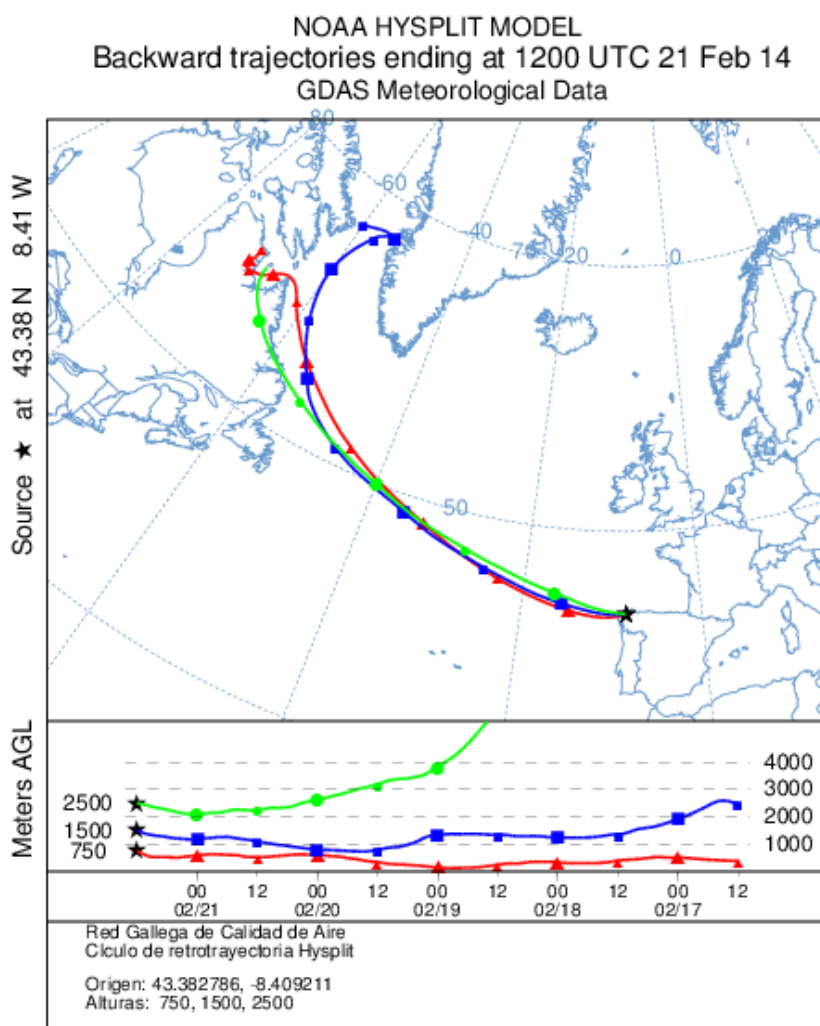
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 75 muestra que no existe sulfato en superficie. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 75. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 21/02/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 76 muestra que las masas de aire proceden del transporte a largas distancias desde el norte del continente americano y de zonas limpias como el Océano Atlántico.

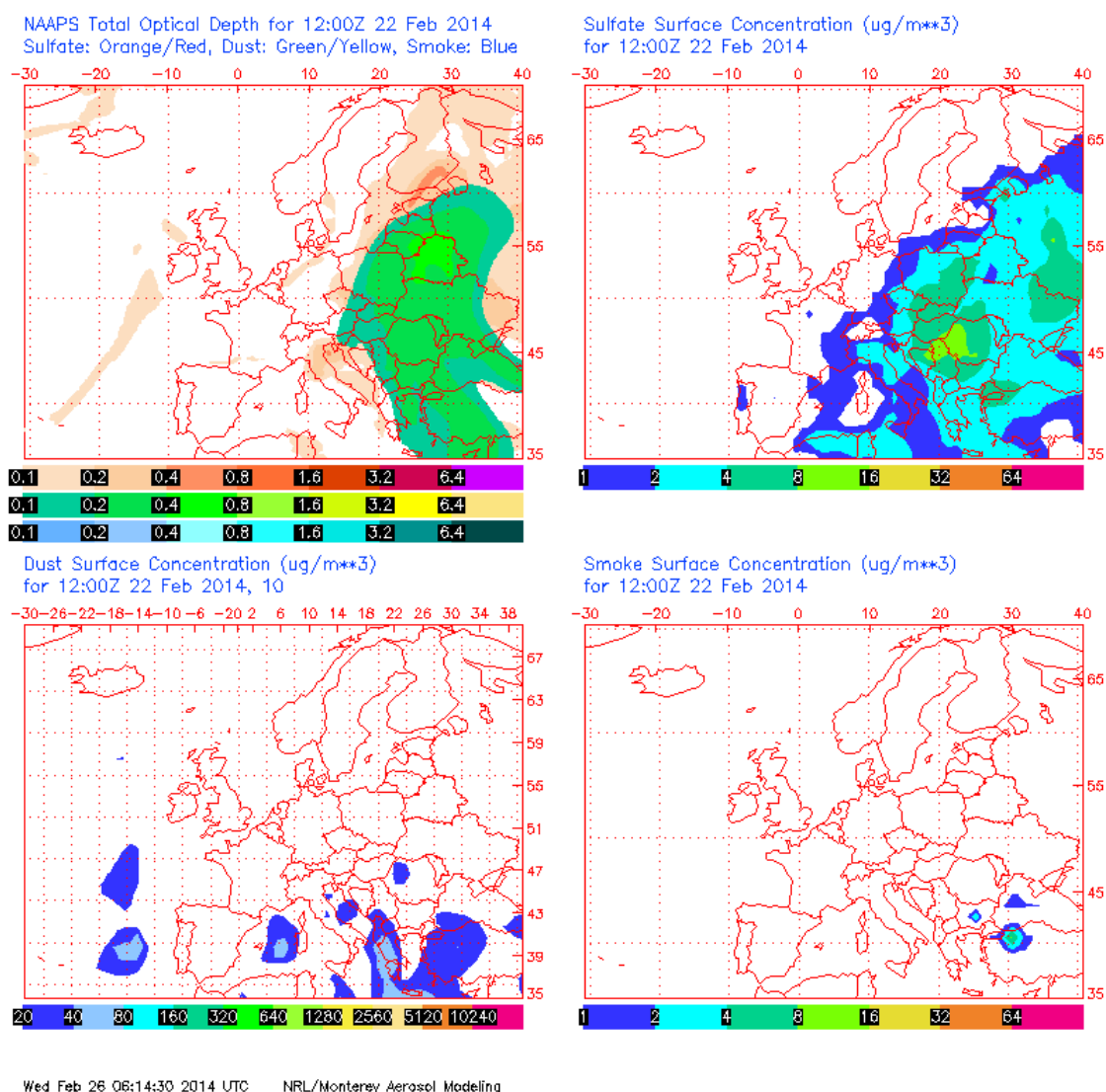


Gráfica 76. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 21/02/2014.

22 DE FEBRERO DE 2014

La concentración de PM₁₀ medida con el analizador automático fue de 61 µg/m³. No se disponen datos de altura de olas para este día. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 49.97 km/h, lo cual se corresponde con un viento fuerte.

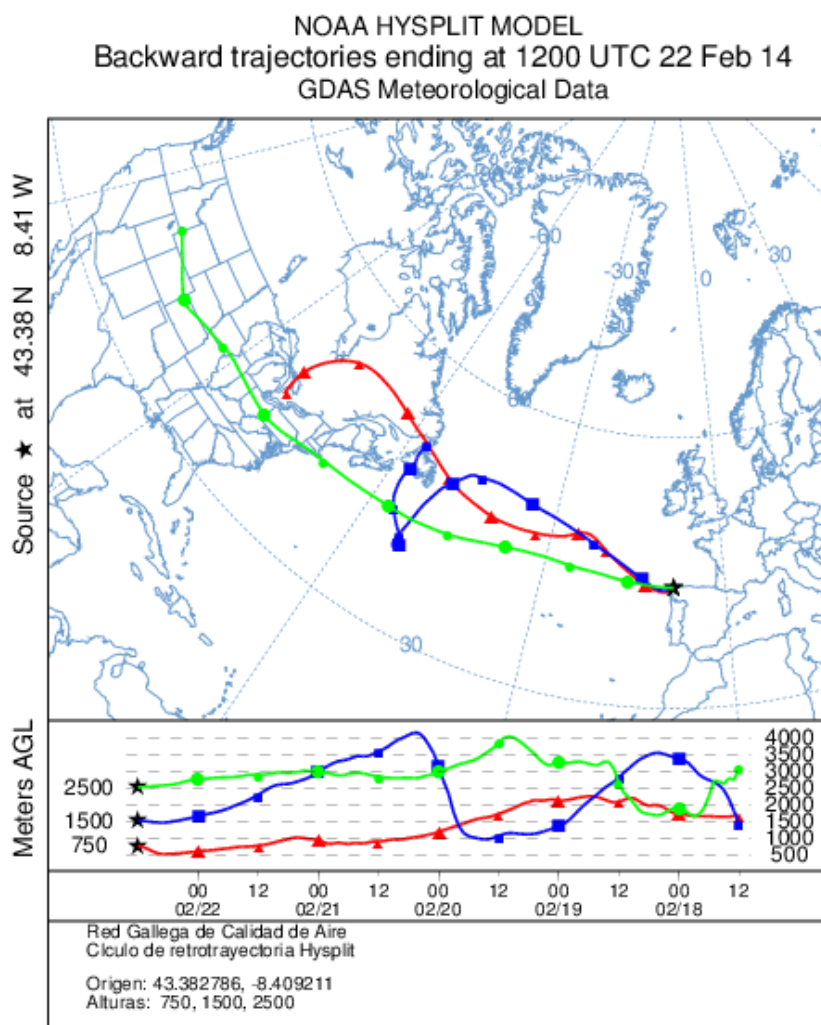
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 77 muestra que no existen concentraciones de sulfato en superficie. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 77. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 22/02/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 78 muestra que las masas de aire proceden del transporte a largas distancias desde el norte del continente americano y de zonas limpias como el Océano Atlántico.

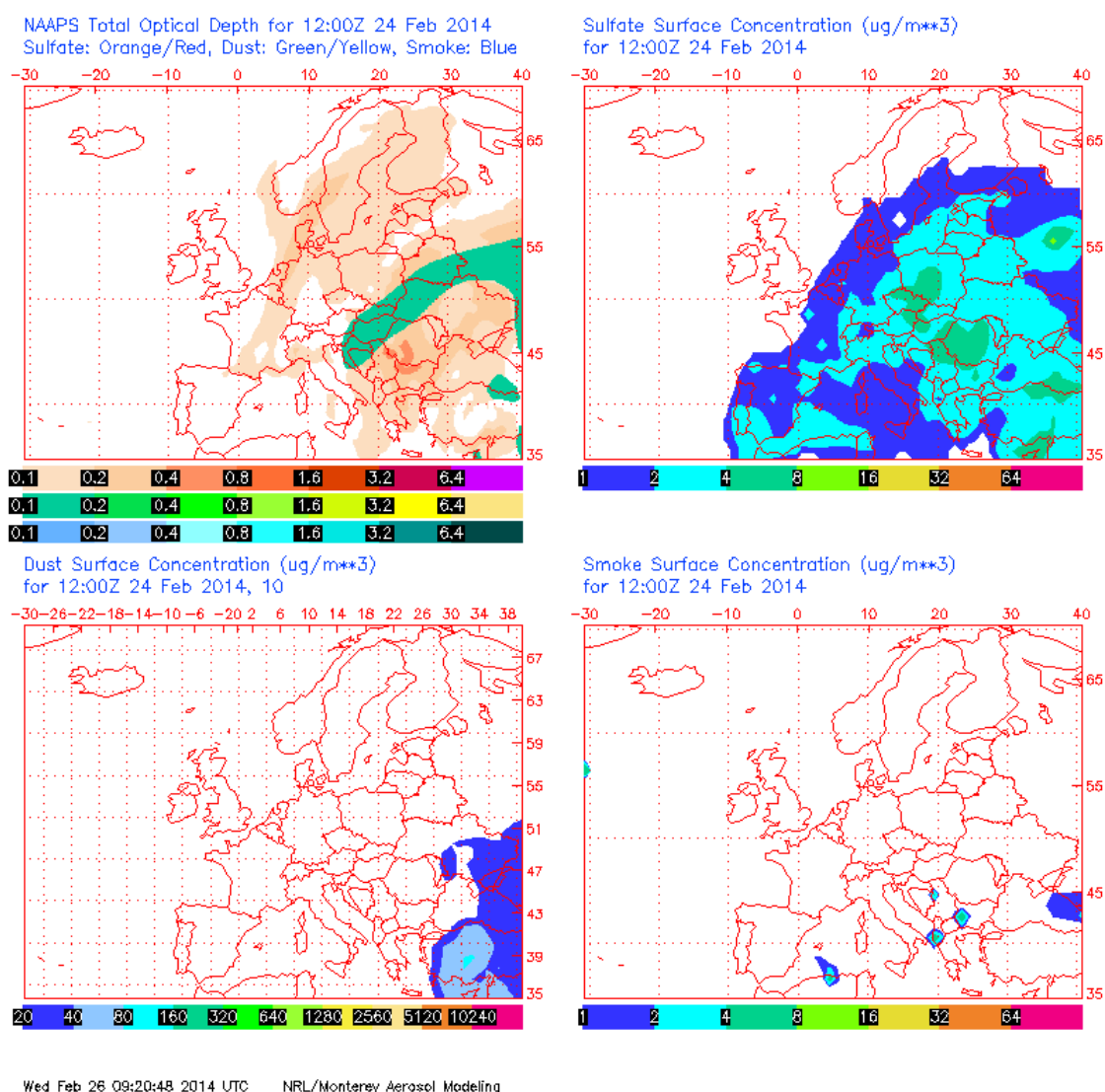


Gráfica 78. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 22/02/2014.

24 DE FEBRERO DE 2014

El analizador automático registró una concentración media diaria de PM₁₀ de 52 µg/m³. No se tienen datos de altura de ola para este día. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 75.85 km/h, lo cual se corresponde con un viento muy fuerte.

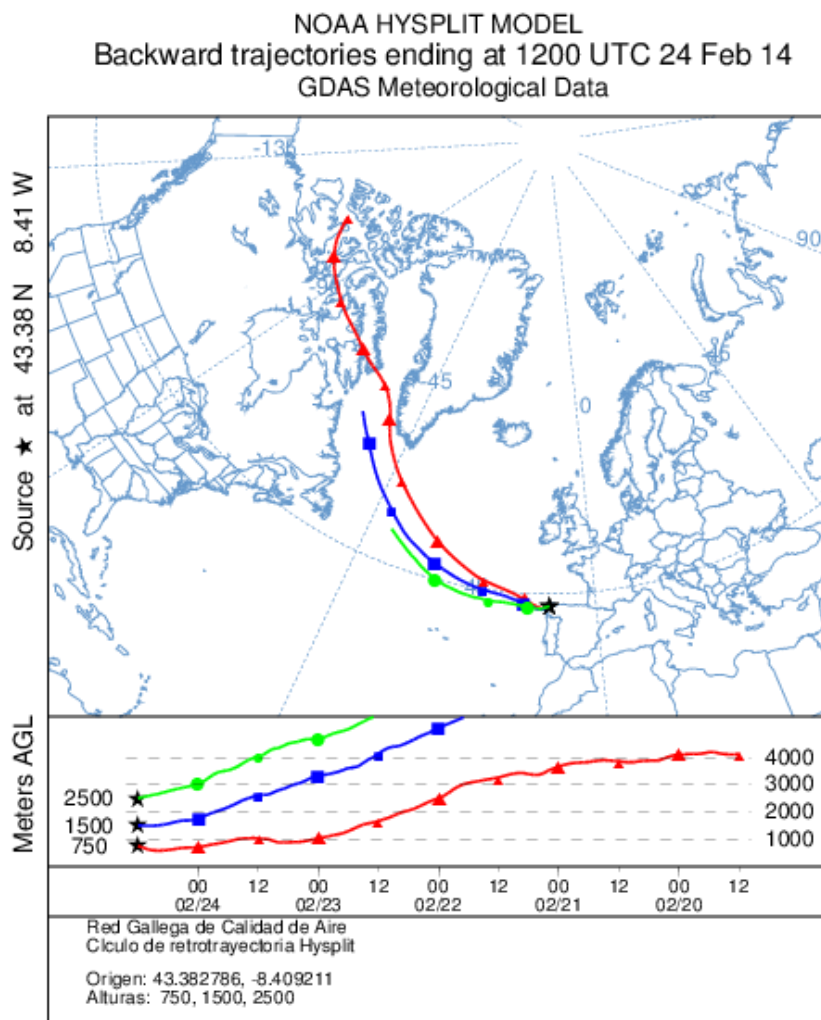
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 79 muestra bajas concentraciones de sulfato en superficie, entre 1-4 µg/m³. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 79. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 24/02/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 80 muestra que las masas de aire proceden del transporte a largas distancias desde el norte del continente americano y de zonas limpias como el Océano Atlántico.

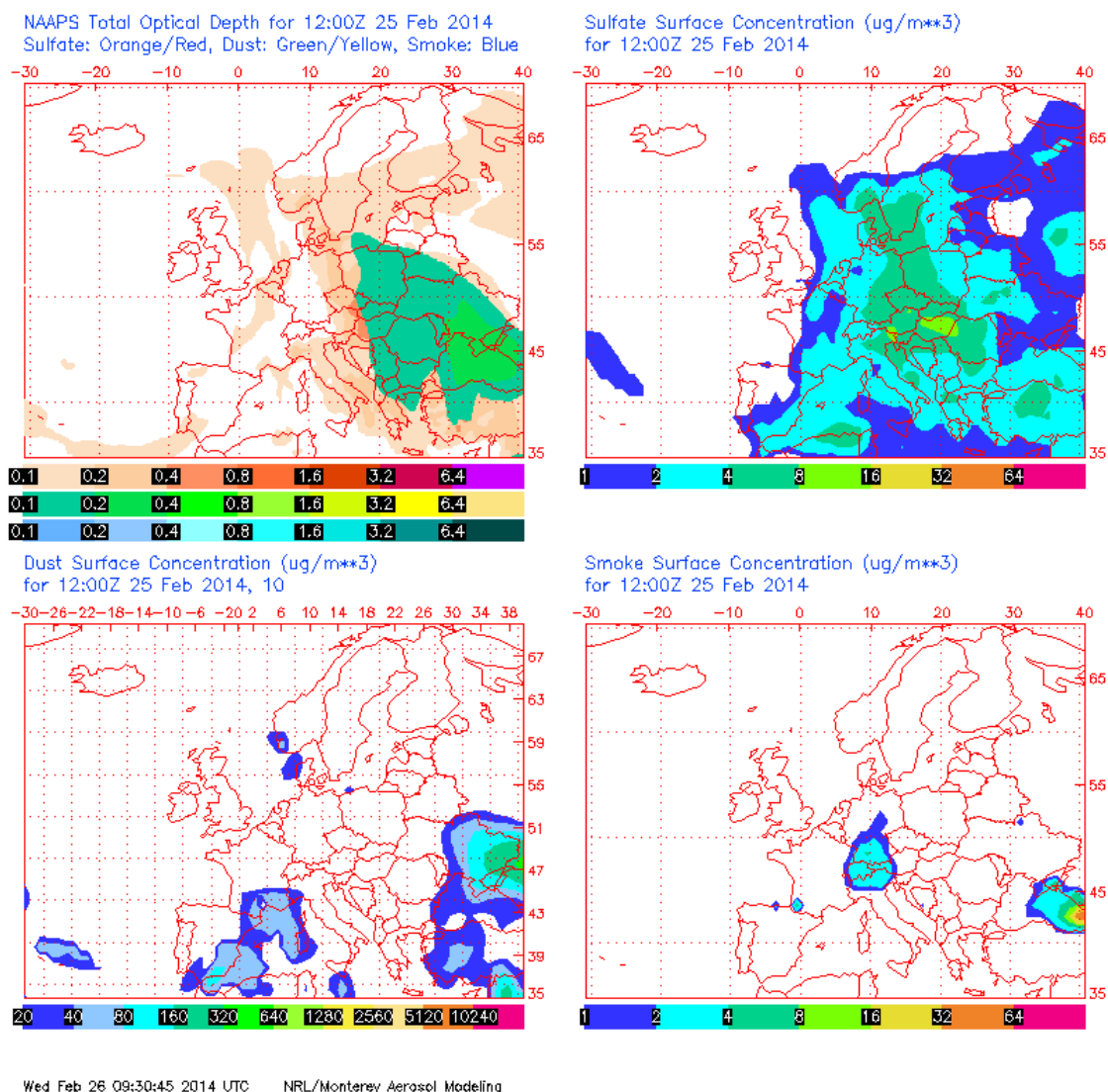


Gráfica 80. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aier proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 24/02/2014.

25 DE FEBRERO DE 2014

La concentración media diaria de PM₁₀ fue de 53 µg/m³ medida con el analizador automático. No se dispone de datos de altura de olas para este día. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 89.71 km/h, lo cual se corresponde con un viento muy fuerte.

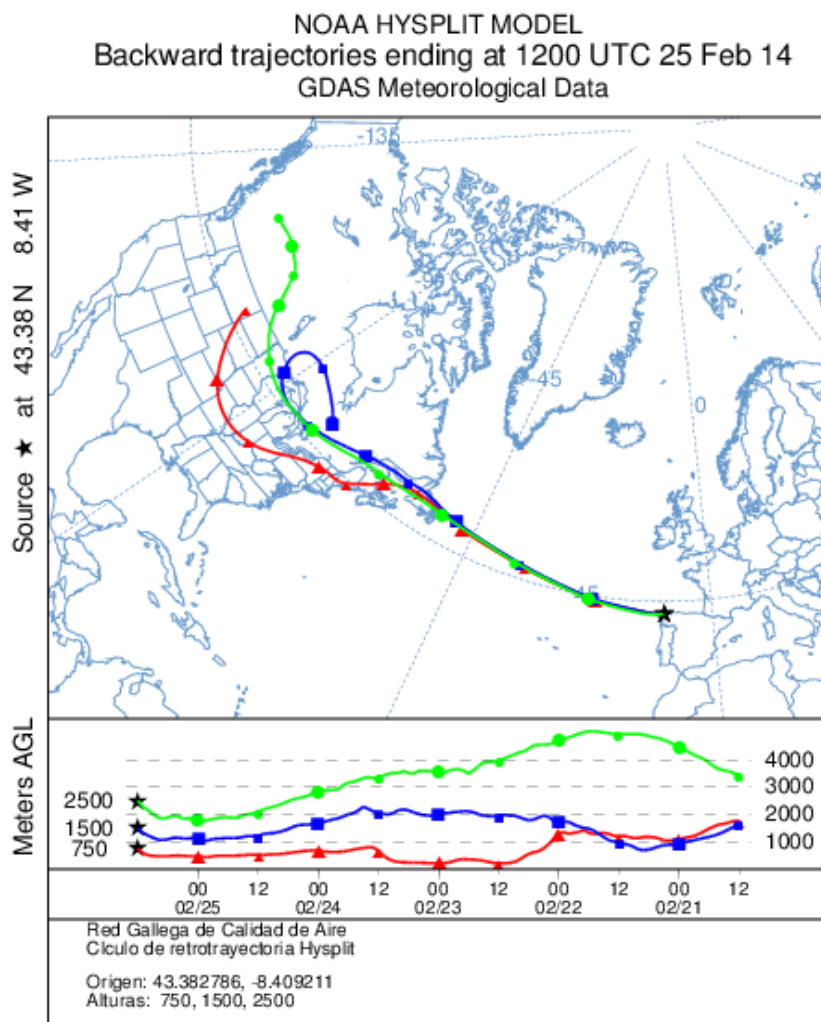
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 81 no muestra concentraciones de sulfato en superficie. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 81. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 25/02/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 82 muestra que las masas de aire proceden del transporte a largas distancias desde el norte del continente americano y de zonas limpias como el Océano Atlántico.

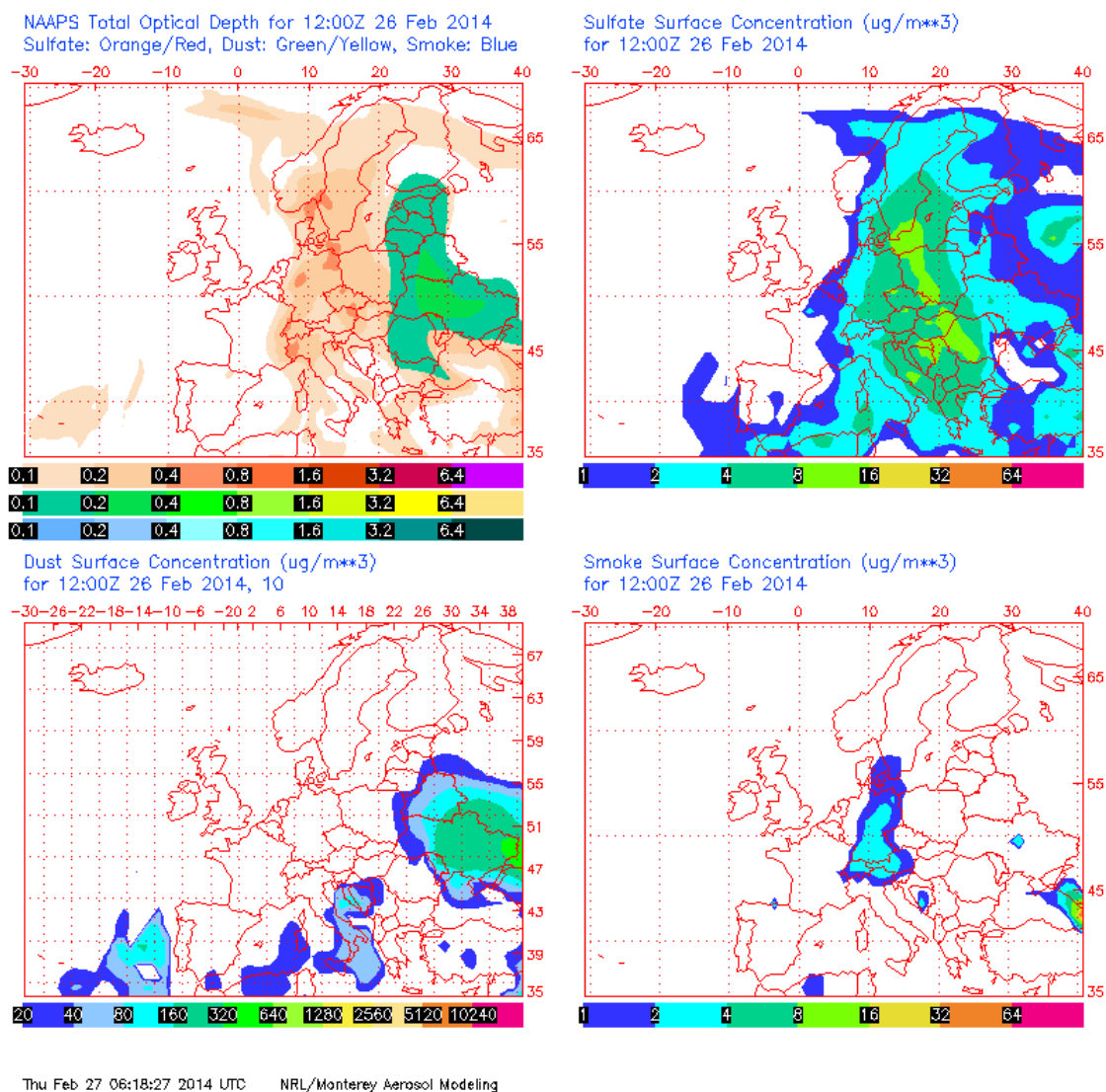


Gráfica 82. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 25/02/2014.

26 DE FEBRERO DE 2014

La media diaria de PM₁₀ fue de 61 µg/m³ obtenida con el analizador automático. No se disponen datos de altura de olas para este día. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 59.62 km/h, lo cual se corresponde con un viento fuerte.

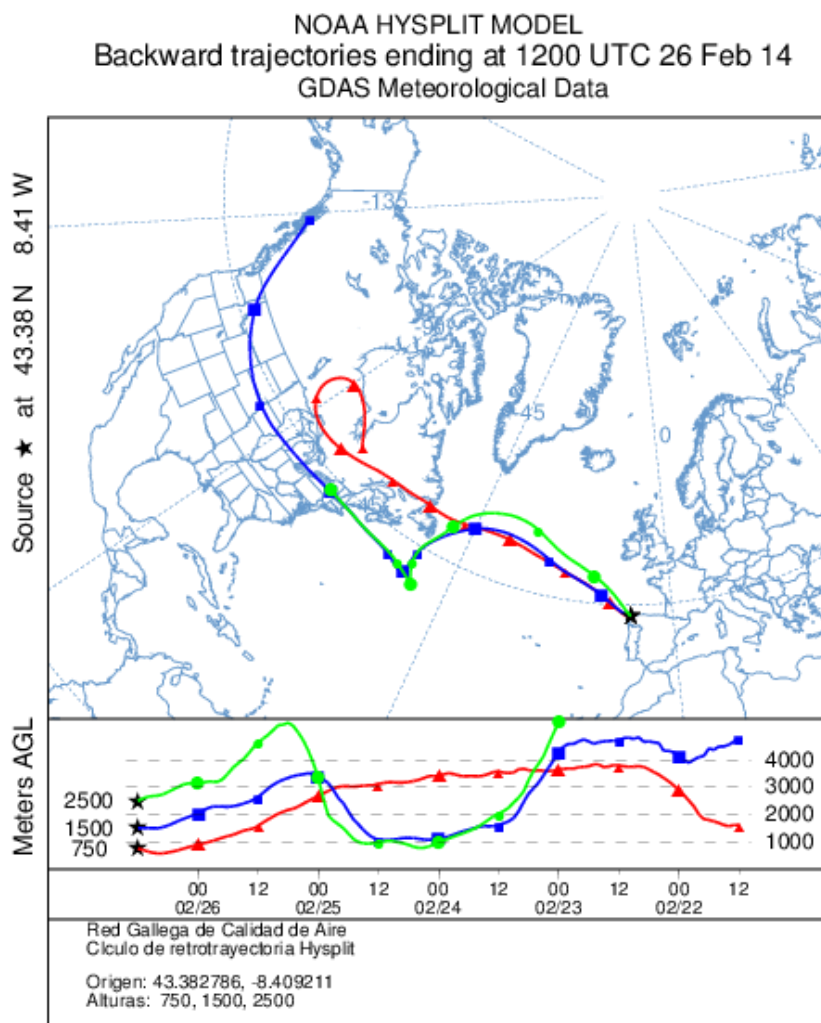
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 83 no muestra concentraciones de sulfato en superficie. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 83. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 26/02/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 84 muestra que las masas de aire proceden del transporte a largas distancias desde el norte del continente americano y de zonas limpias como el Océano Atlántico.



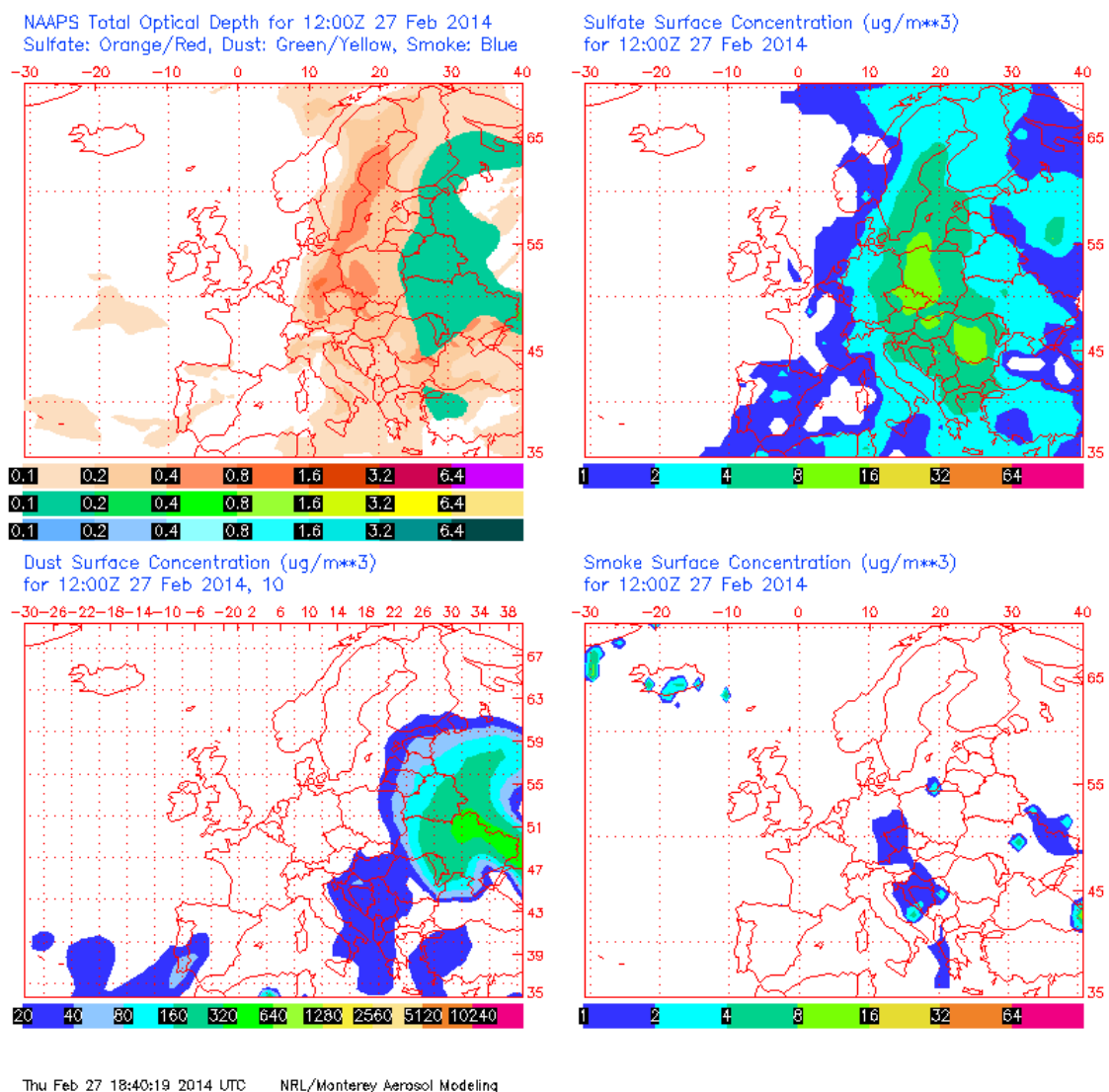
Gráfica 84. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOAA para el 26/02/2014.



27 DE FEBRERO DE 2014

El analizador automático obtuvo una concentración media diaria de PM₁₀ de 54 µg/m³. No se disponen de datos de las alturas de ola. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 52.67 km/h, lo cual se corresponde con un viento fuerte.

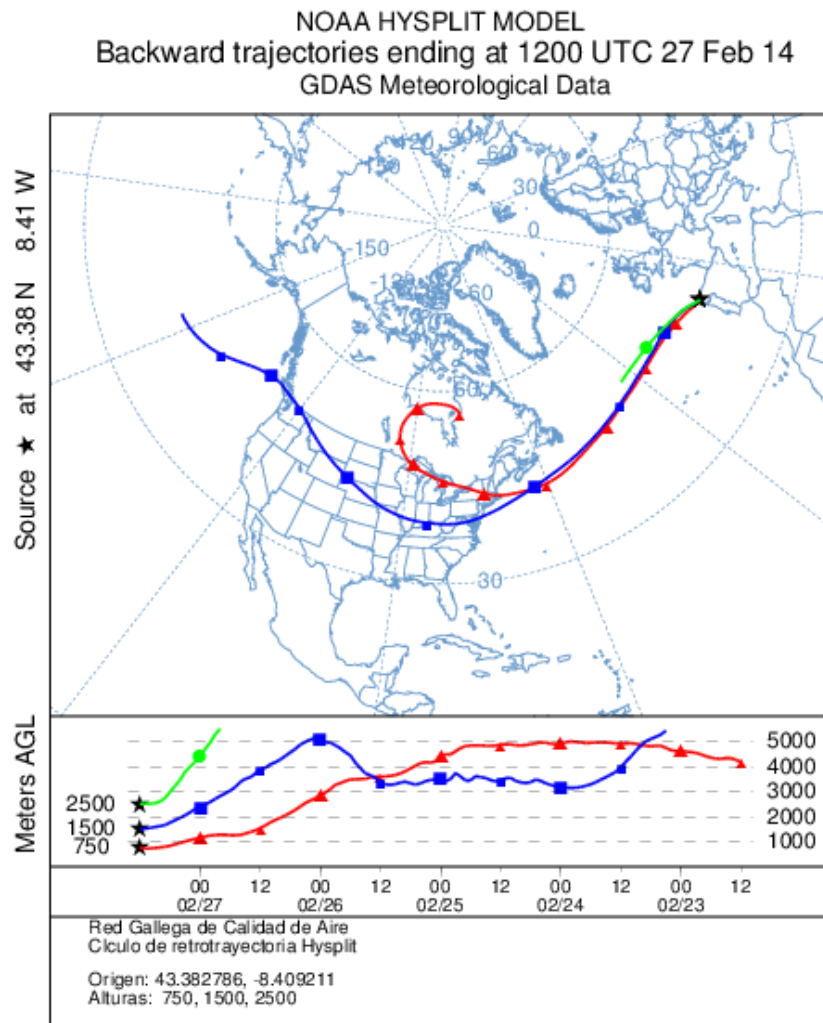
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 85 muestra que no existe sulfato en superficie. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 85. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 27/02/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 86 muestra que las masas de aire proceden del transporte a largas distancias desde el norte del continente americano y de zonas limpias como el Océano Atlántico.

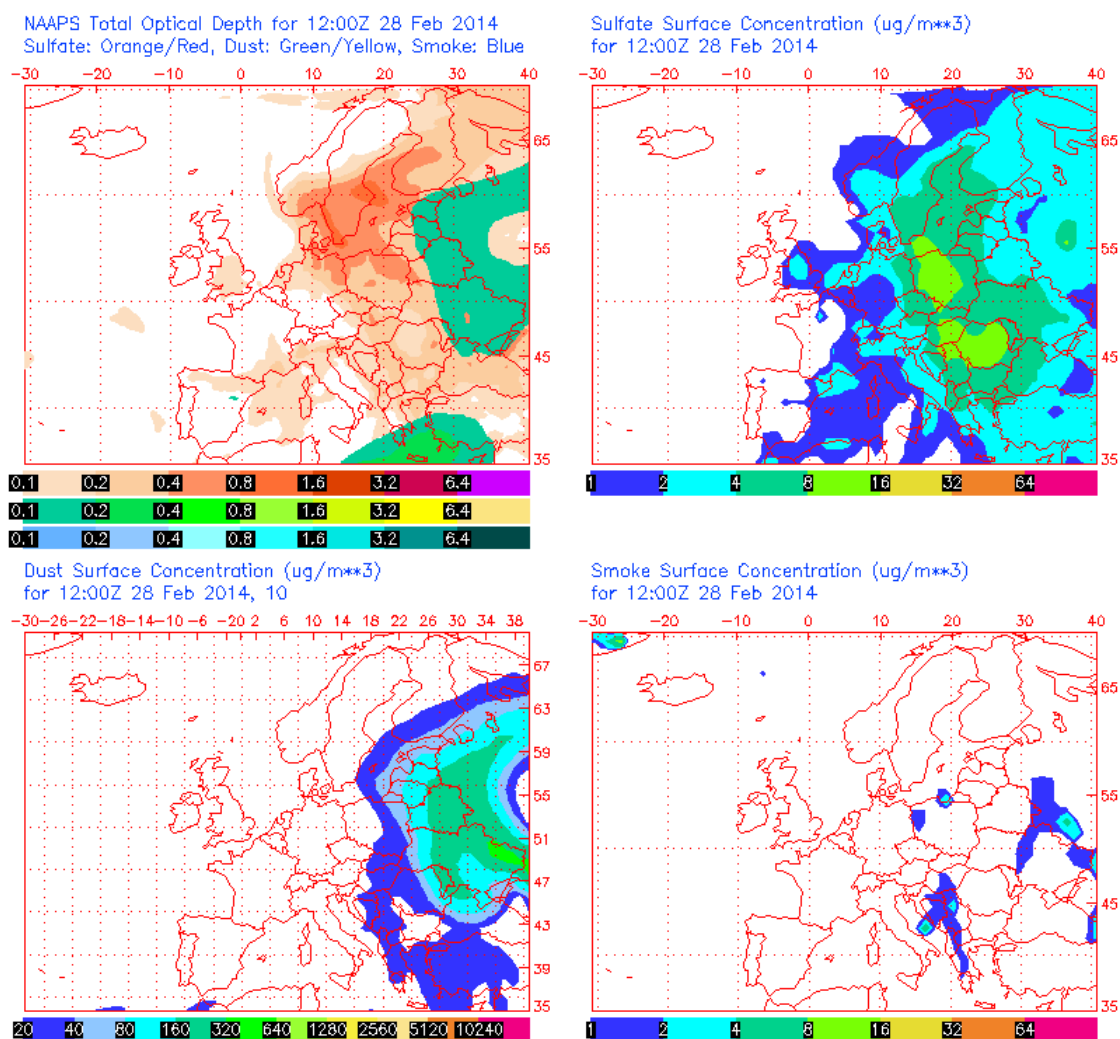


Gráfica 86. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOAA para el 27/02/2014.

28 DE FEBRERO DE 2014

La concentración de PM₁₀ fue de 64 µg/m³ obtenida con el analizador automático. No se disponen de datos de altura de ola para esta fecha. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 61.16 km/h, lo cual se corresponde con un viento fuerte.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 87 no muestra concentraciones de sulfato en superficie. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.

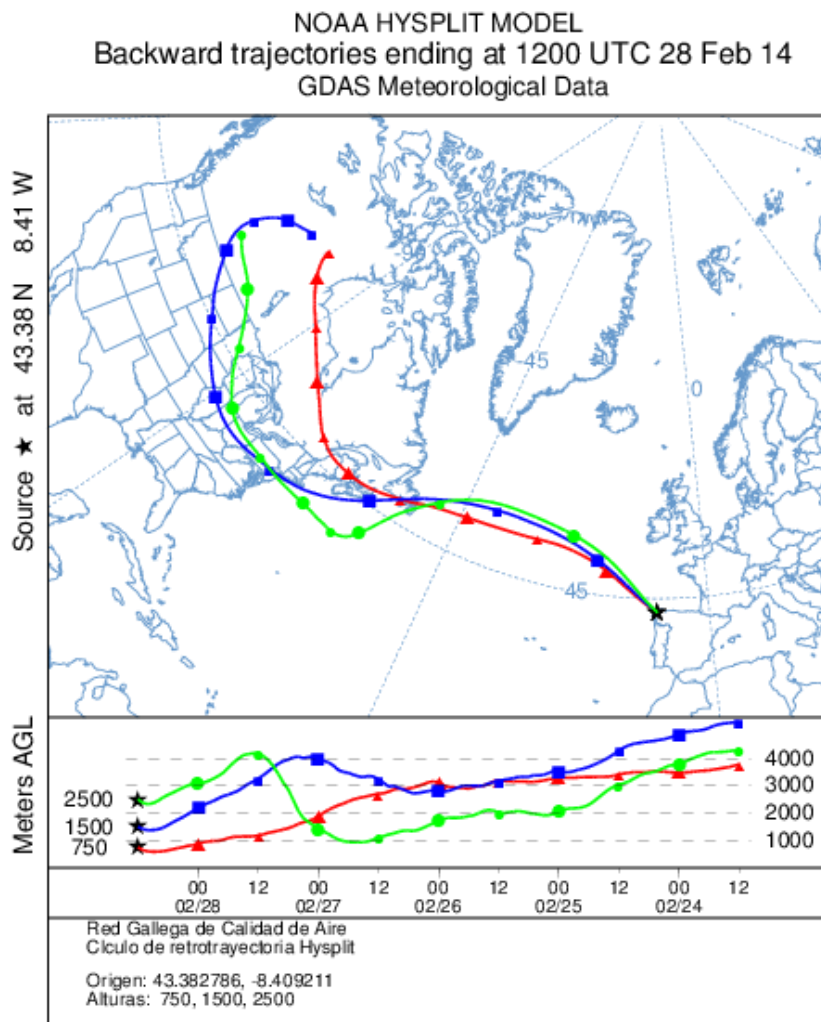


Fri Feb 28 15:51:30 2014 UTC NRL/Monterey Aerosol Modeling

Gráfica 87. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 28/02/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 88 muestra que las masas de aire proceden del transporte a largas distancias desde el norte del continente americano y de zonas limpias como el Océano Atlántico.



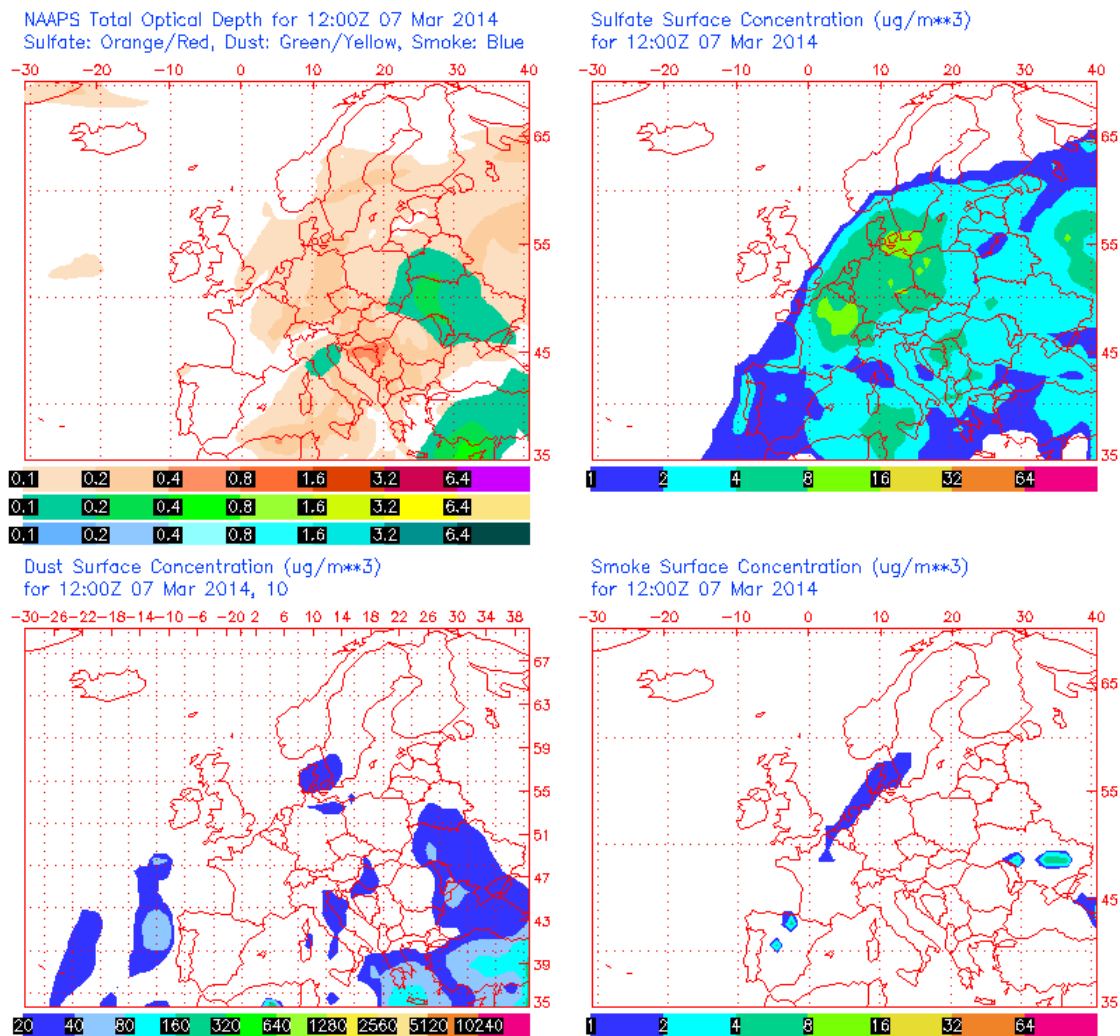
Gráfica 88. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 28/02/2014.



7 DE MARZO DE 2014

La concentración de PM₁₀ obtenida con fue el analizador automático 60 µg/m³. Se registraron máximas horarias de altura de las olas de 3.1 y 3.7 m en Punta Langosteira y Estaca de Bares respectivamente. Estos valores no llegan al umbral de aviso nivel amarillo. La altura media de las olas fue de 2.14 y 2.68 m. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 34.56 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 89 muestra bajas concentraciones de sulfato en superficie, entre 1-2 µg/m³. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.

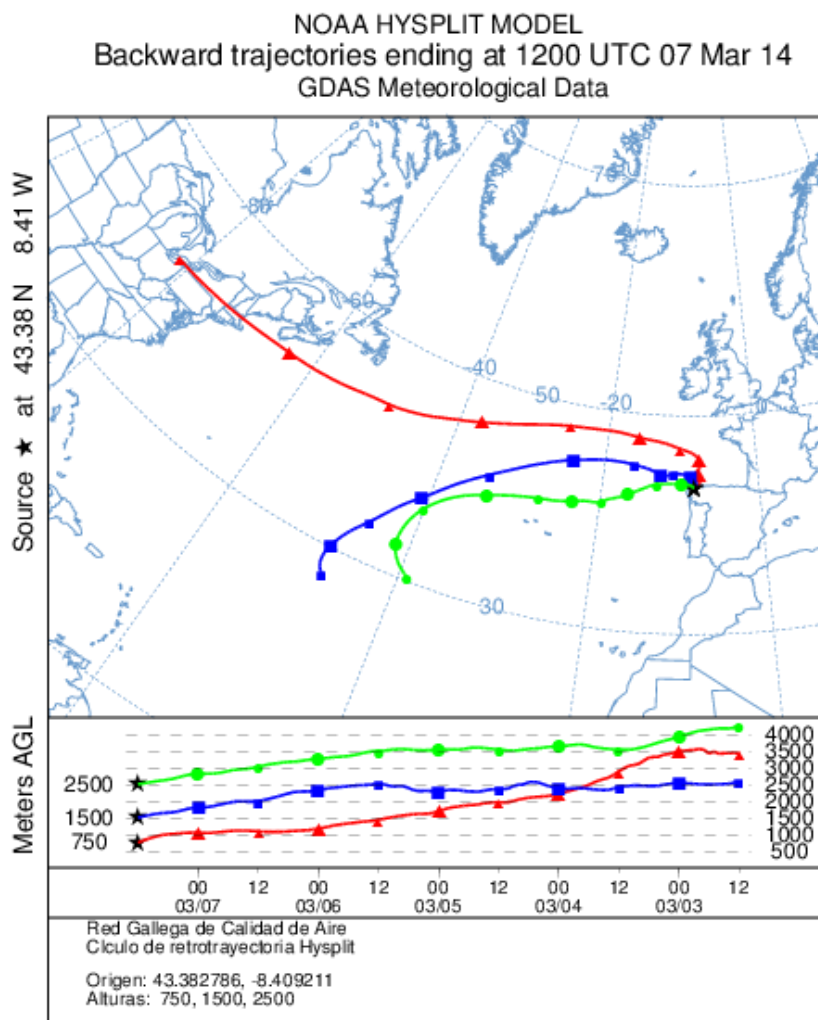


Sat Mar 8 06:21:00 2014 UTC NRL/Monterey Aerosol Modeling

Gráfica 89. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 07/03/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 90 muestra que las masas de aire proceden de distintas zonas dependiendo de su altura. La masa de aire de 750 m procede del norte del continente americano mientras que las de 1500m y 2500m proceden del Océano Atlántico



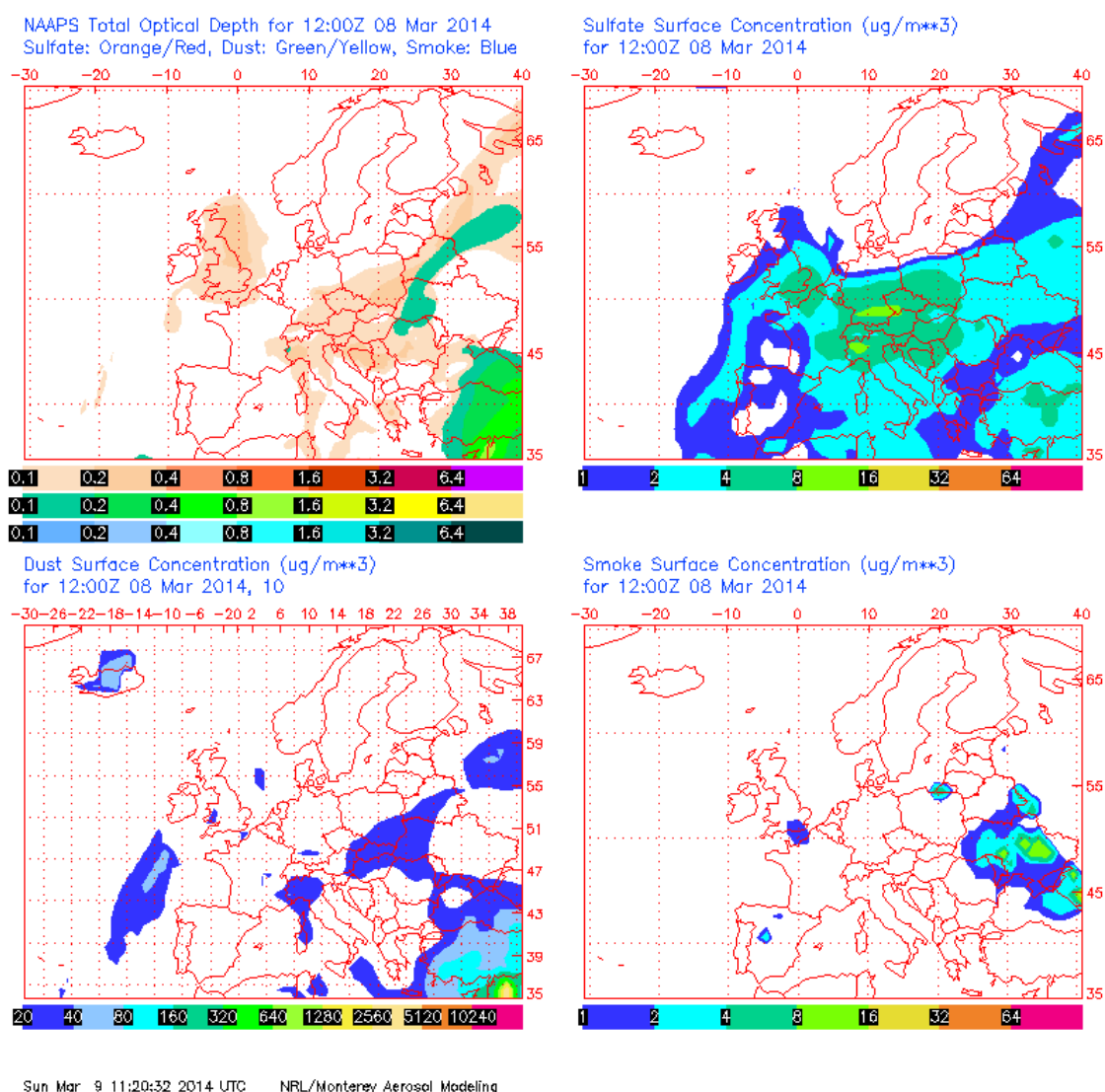
Gráfica 90. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 07/03/2014.



8 DE MARZO DE 2014

El analizador automático obtuvo una concentración media diaria de PM₁₀ de 79 µg/m³. Hubo máximas horarias de altura de las olas de 3.1 m y 3.5 m en las boyas de Punta Langosteira y Estaca de Bares, con estos valores no se alcanza el umbral de aviso de nivel amarillo. La altura media de las olas fue de 2.4 y 2.7 m, respectivamente. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 25.52 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

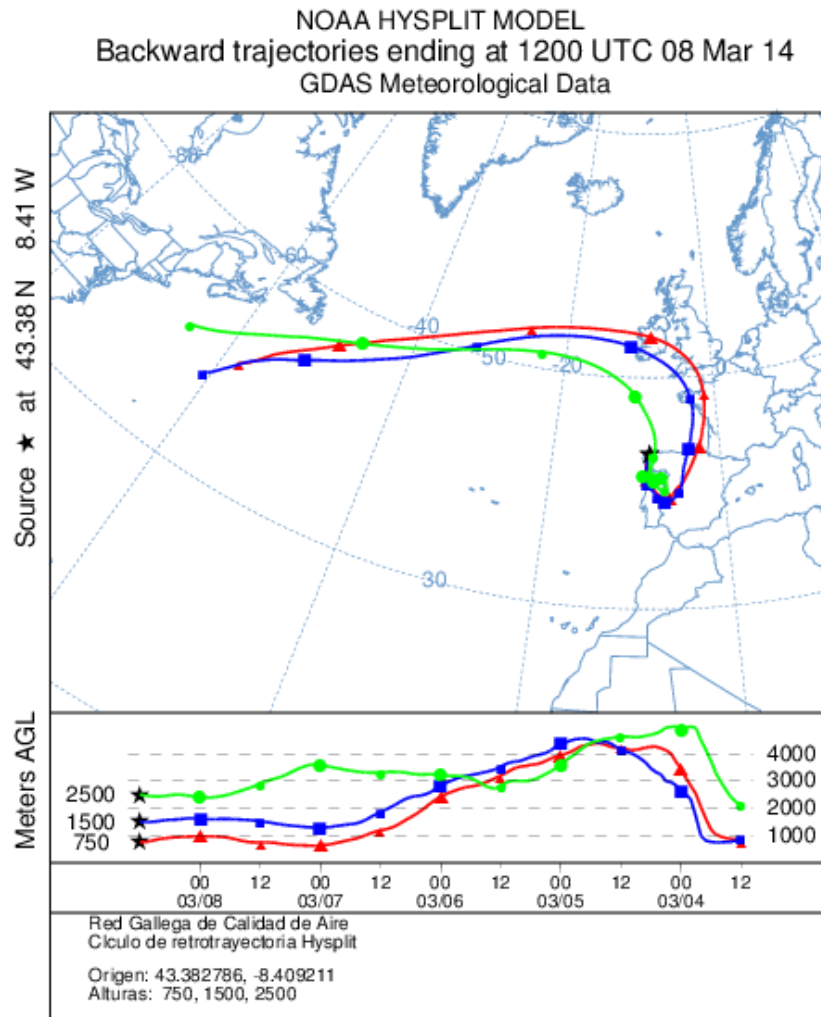
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 91 muestra bajas concentraciones de sulfato en superficie, entre 1-4 µg/m³. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 91. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 08/03/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 92 muestra que las masas de aire proceden de zonas limpias como el Océano Atlántico.

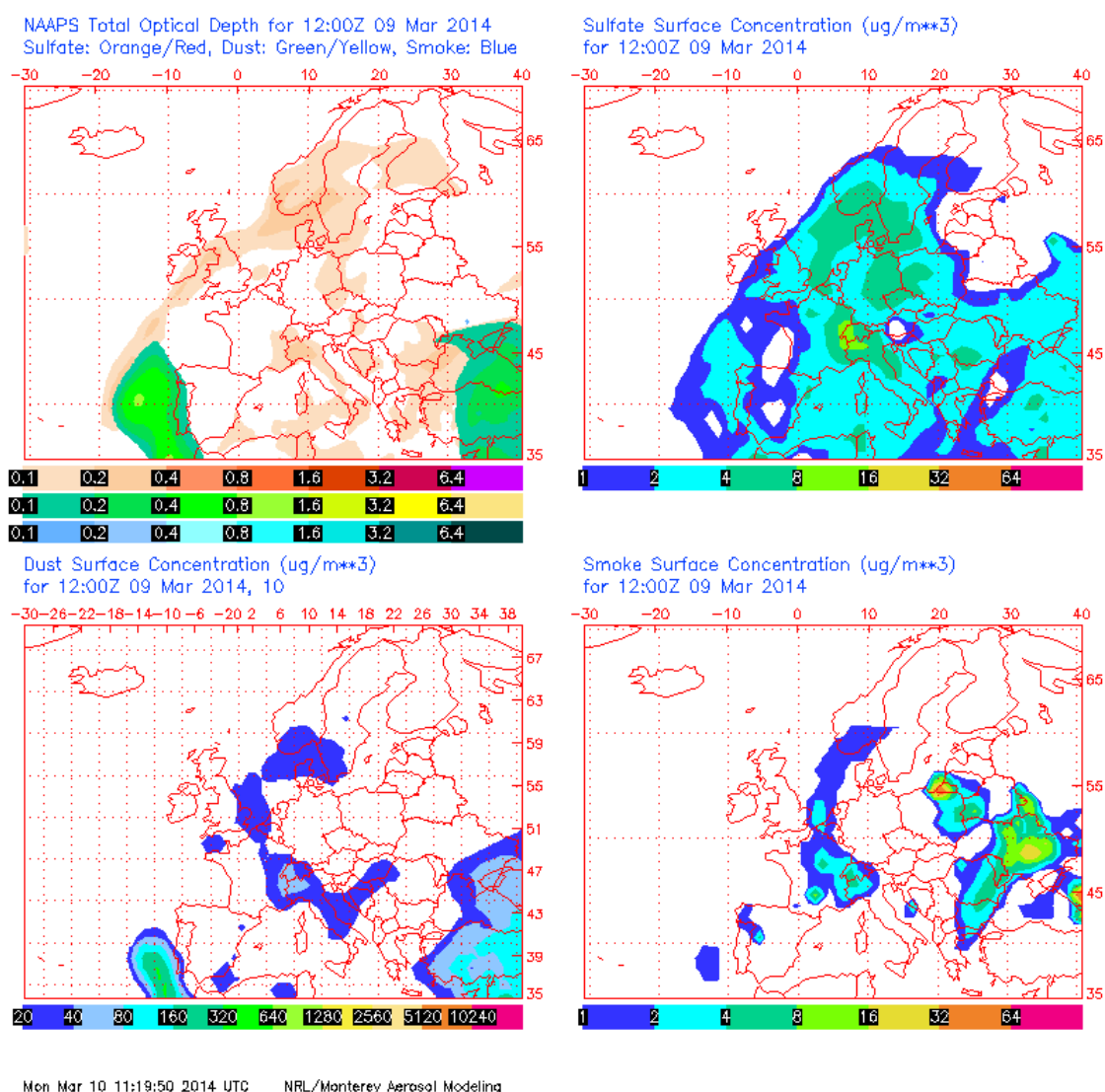


Gráfica 92. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 08/03/2014.

9 DE MARZO DE 2014

La concentración media diaria de PM₁₀ fue de 79 µg/m³, obtenida con el analizador automático. Se registraron máximas horarias de altura de las olas de 3.4 m y 4.6 m en las boyas de Punta Langosteira y Estaca de Bares, lo cual se corresponde con aviso de nivel amarillo. La altura media de las olas fue de 2.5 y 2.9 m, respectivamente. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 41.29 km/h, lo cual se corresponde con un viento fuerte.

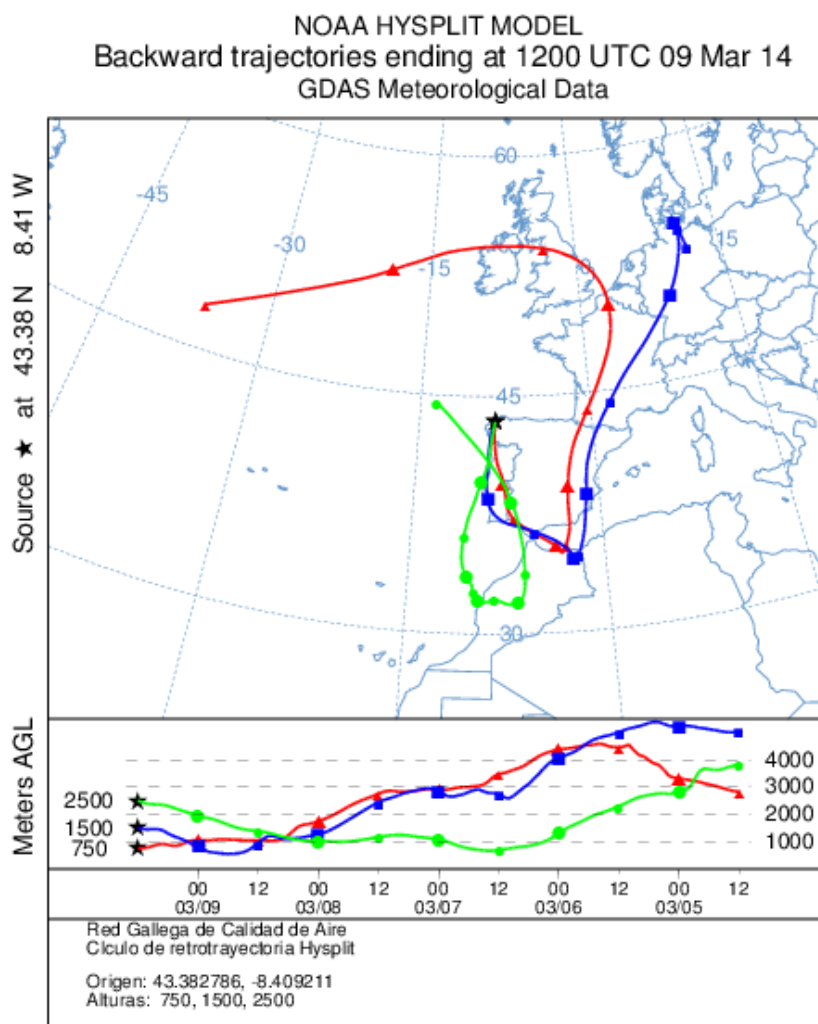
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 93 muestra bajas concentraciones de sulfato en superficie, entre 1-4 µg/m³. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 93. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 09/03/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 94 muestra que las masas de aire proceden de distintas zonas dependiendo de su altura. Las masa de aire a 750 m de altura procede de la península Ibérica mientras que las de 1500 m y 2500 m proceden del norte de Europa.



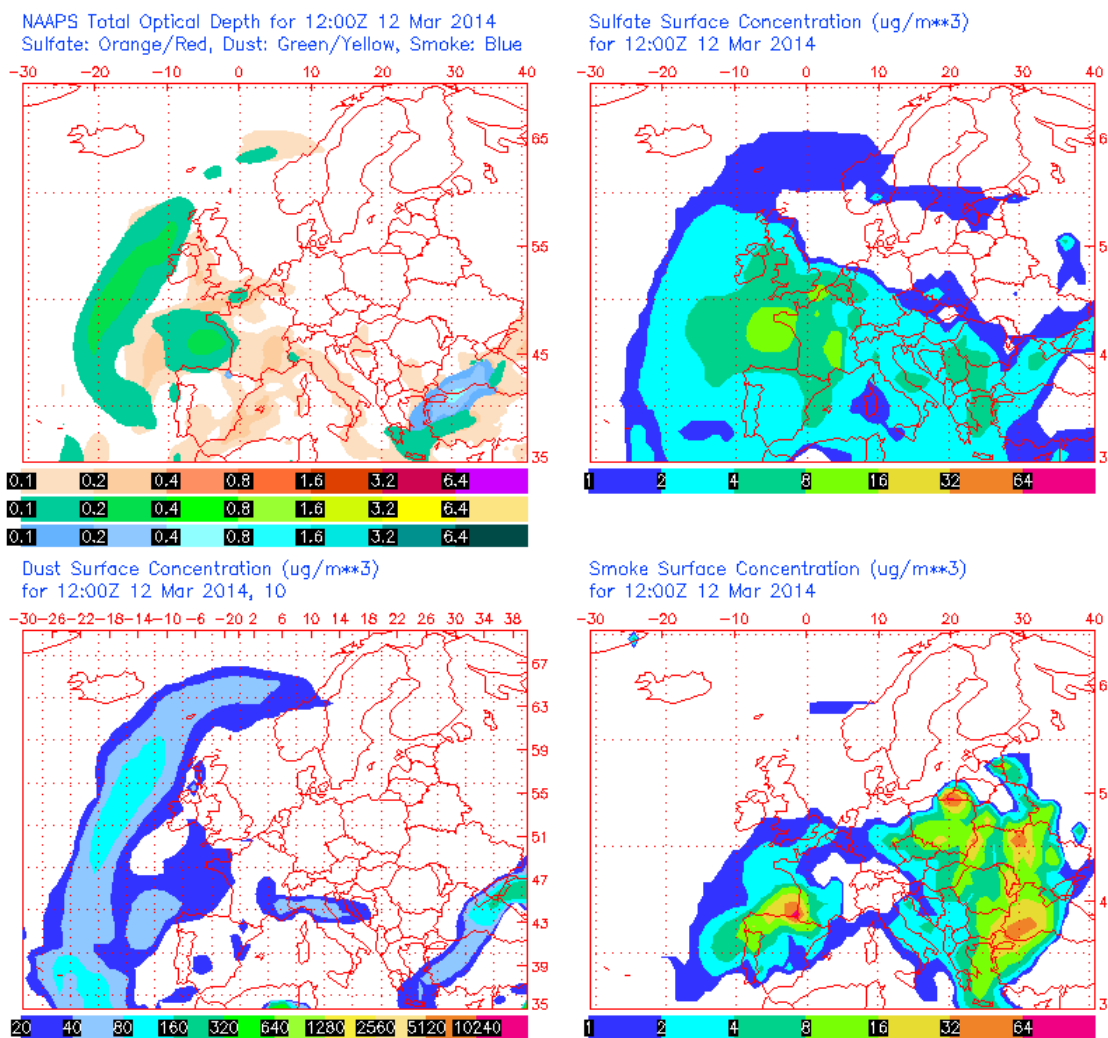
Gráfica 94. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOAA para el 09/03/2014.



12 DE MARZO DE 2014

La concentración media diaria de PM₁₀, obtenida con el analizador automático, fue de 64 µg/m³. Se registraron máximas horarias de altura de las olas de 2.0 y 2.6 m en Punta Langosteira y Estaca de Bares respectivamente. Estos valores no llegan al umbral de aviso nivel amarillo. La altura media de las olas fue de 1.6 y 2.0 m. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 20.12 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 95 muestra concentraciones bajas de sulfato en superficie, entre 2-8 µg/m³. Se ha identificado un episodio de quema de biomasa. No se ha identificado episodios de polvo sahariano.

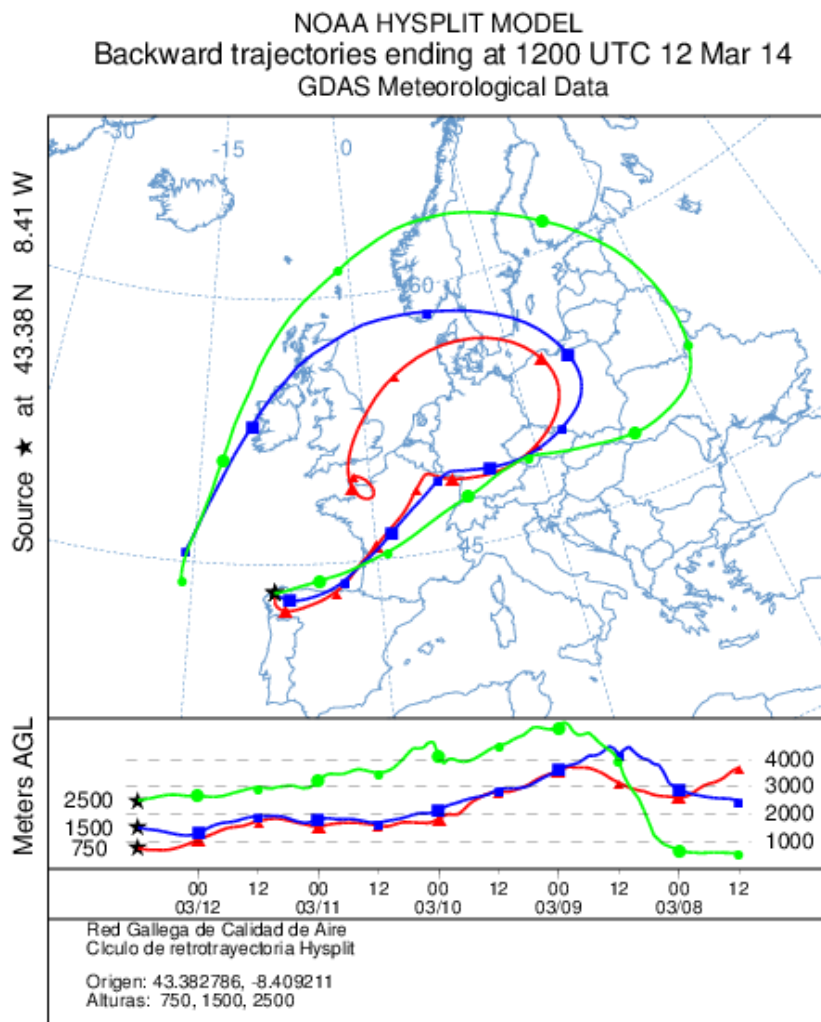


Thu Mar 13 11:20:11 2014 UTC NRL/Monterey Aerosol Modeling

Gráfica 95. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 12/03/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 96 muestra que las masas de aire proceden del norte de Europa.



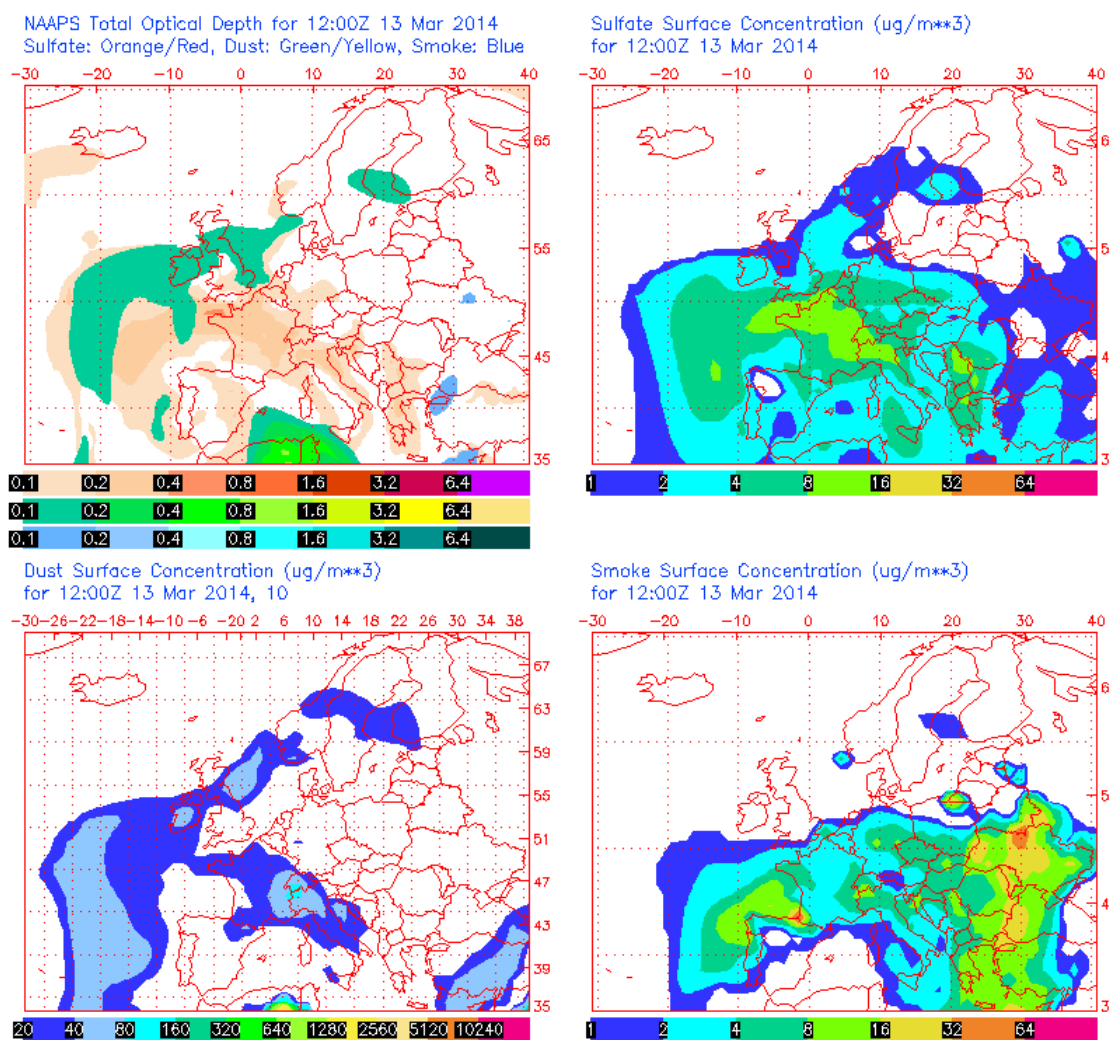
Gráfica 96. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 12/03/2014.



13 DE MARZO DE 2014

El analizador automático registró una concentración media diaria de PM₁₀ de 54 µg/m³. Hubo máximas horarias de altura de las olas de 1.5 y 2 m en Punta Langosteira y Estaca de Bares respectivamente. Estos valores no alcanzan el umbral de aviso amarillo. La altura media de las olas fue de 1.3 y 1.6 m. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 24.34 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 97 muestra bajas concentraciones de sulfato en superficie, entre 1-4 µg/m³. Se ha identificado un episodio de quema de biomasa. No se ha identificado episodios de polvo sahariano.

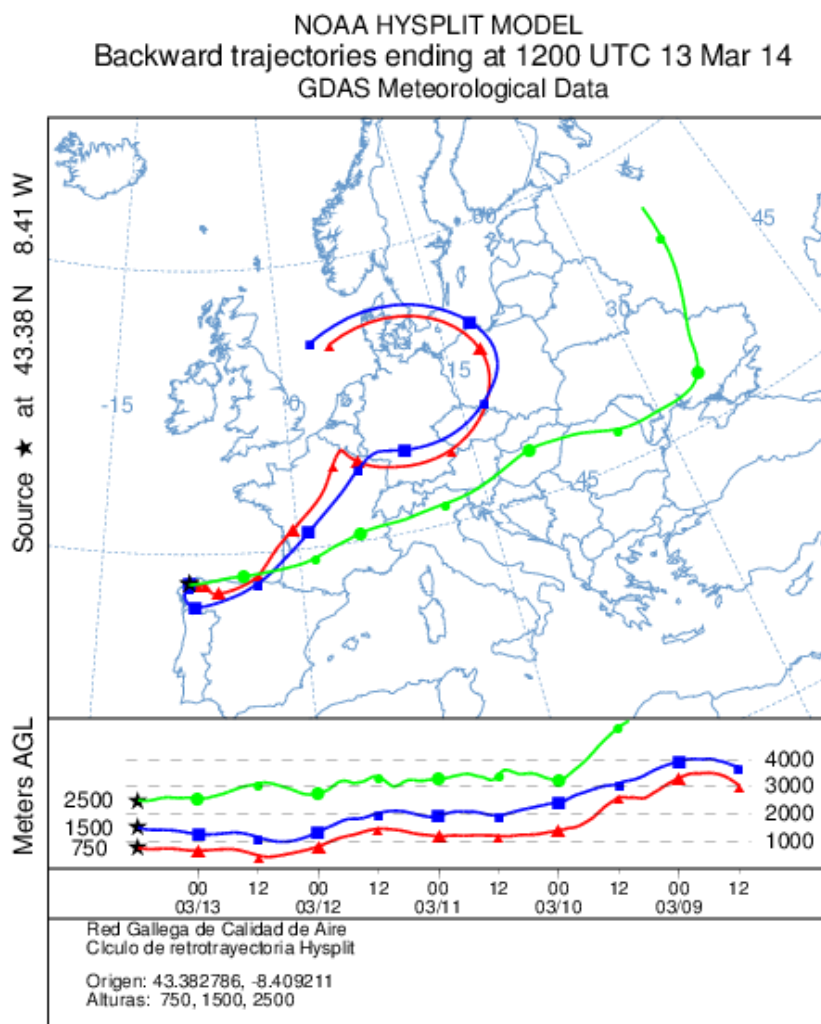


Fri Mar 14 11:20:21 2014 UTC NRL/Monterey Aerosol Modeling

Gráfica 97. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 13/03/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 98 muestra que las masas de aire proceden del norte de Europa.



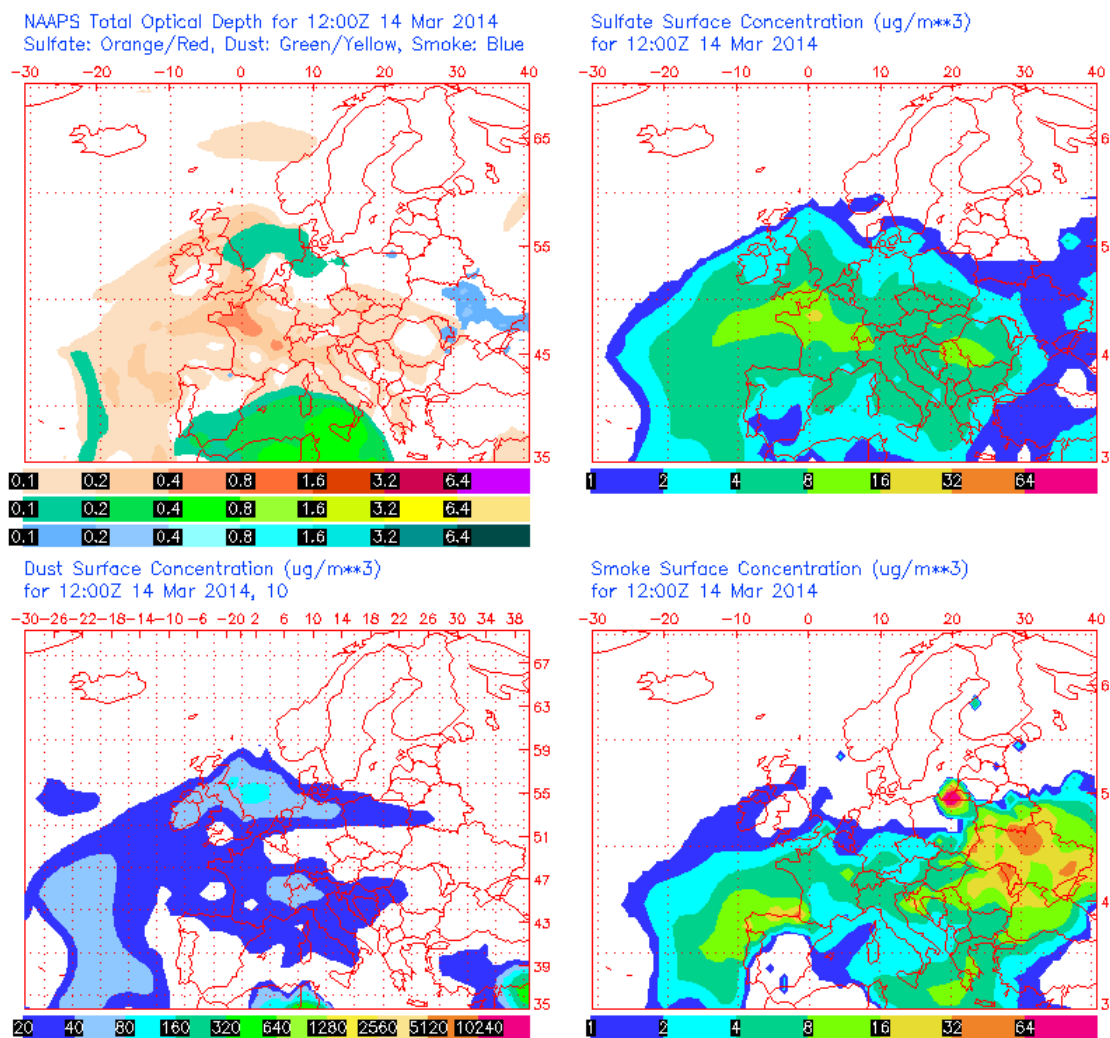
Gráfica 98. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 13/03/2014.



14 DE MARZO DE 2014

La concentración media diaria de PM₁₀ fue de 52 µg/m³ medida con el analizador automático. Se registraron máximas horarias de altura de las olas de 1.3 y 1.9 m en Punta Langosteira y Estaca de Bares respectivamente. Estos valores no llegan al umbral de aviso nivel amarillo. La altura media de las olas fue de 1.0 y 1.4 m. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 23.18 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 99 muestra concentraciones bajas de sulfato en superficie, entre 2-8 µg/m³. Se ha identificado un episodio de quema de biomasa. No se ha identificado episodios de polvo sahariano.

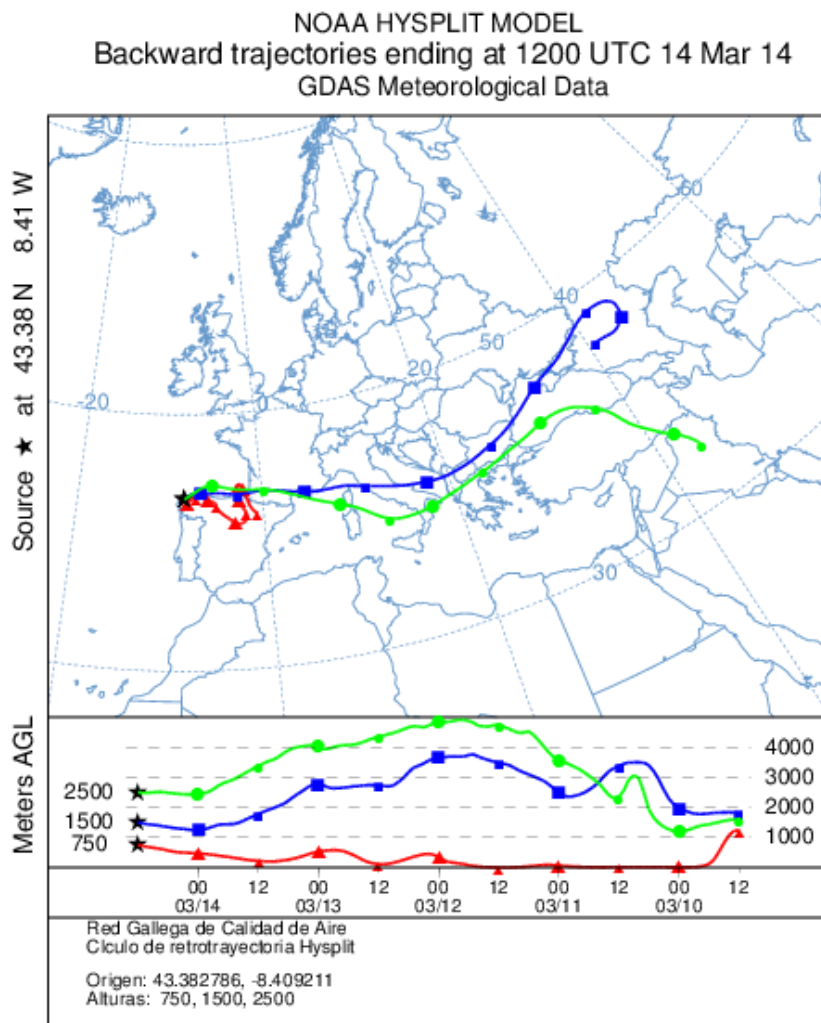


Sat Mar 15 11:20:38 2014 UTC NRL/Monterey Aerosol Modeling

Gráfica 99. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 14/03/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 100 muestra que las masas de aire proceden del norte de Europa.



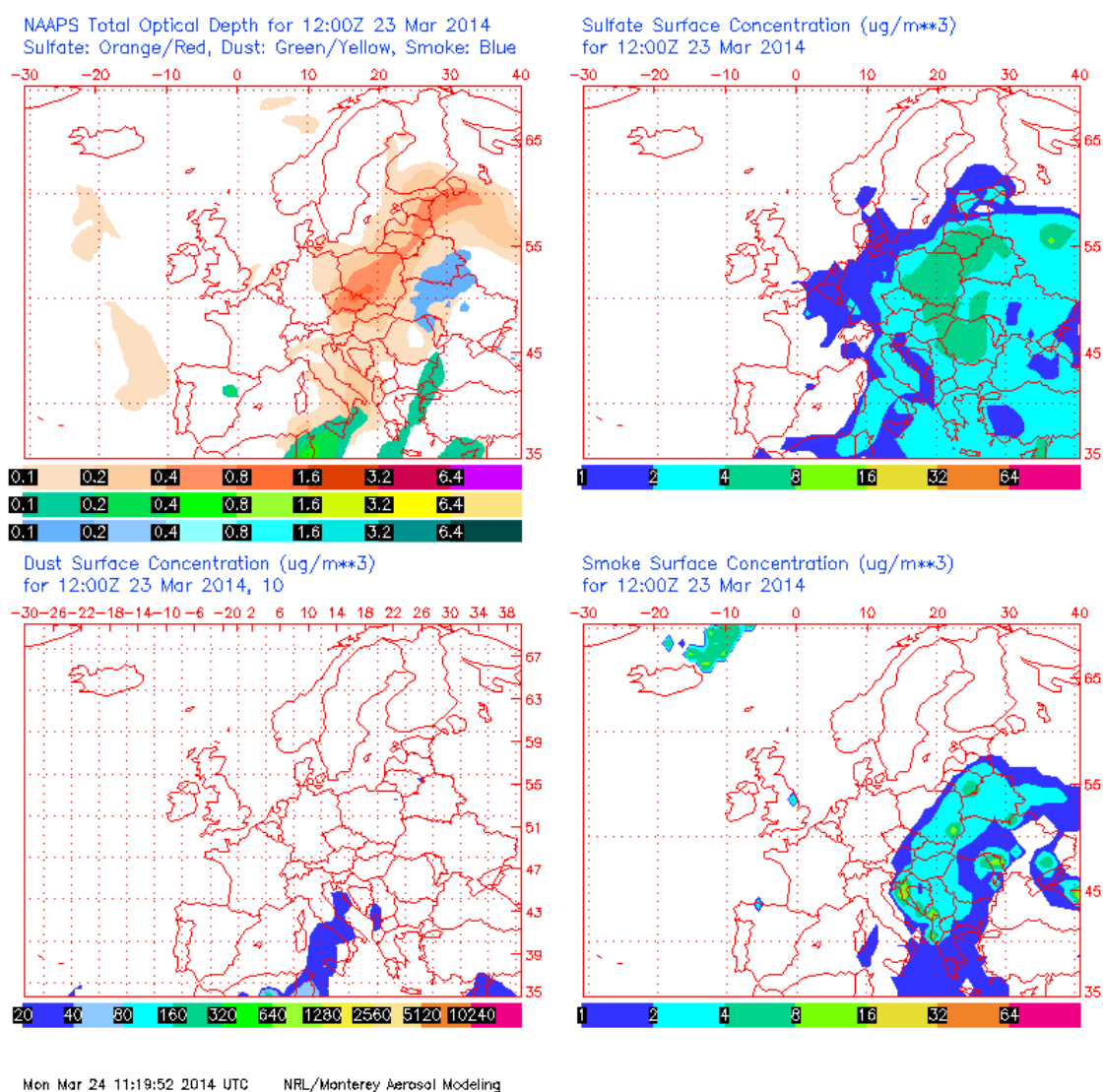
Gráfica 100. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 14/03/2014.



23 DE MARZO DE 2014

El analizador automático obtuvo una concentración media diaria de PM₁₀ de 65 µg/m³ con. Se registraron máximas horarias de altura de las olas de 5.1 y 5.4 m en Punta Langosteira y Estaca de Bares respectivamente. Estos valores corresponden con el aviso nivel naranja. La altura media de las olas fue de 4.1 y 4.5 m. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 51.88 km/h, lo cual se corresponde con un viento fuerte.

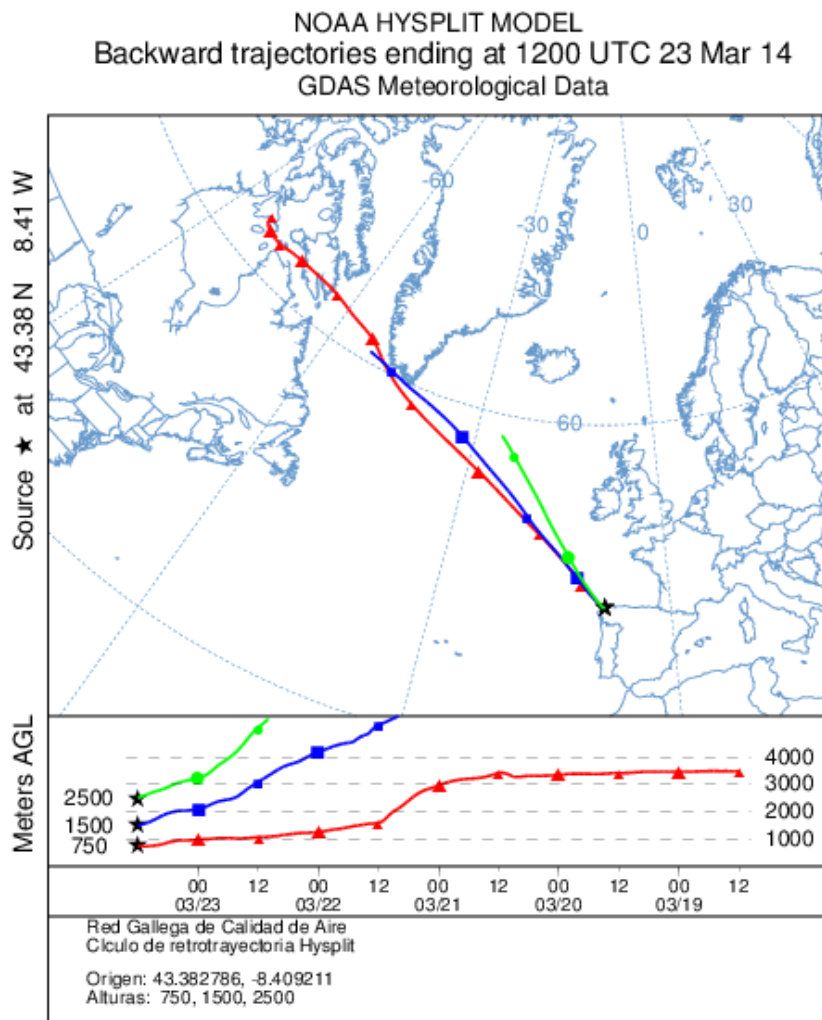
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 101 no muestra concentraciones de sulfato en superficie. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 101. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 23/03/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 102 muestra que las masas de aire proceden del transporte a largas distancias desde el norte del continente americano y de zonas limpias como el Océano Atlántico.



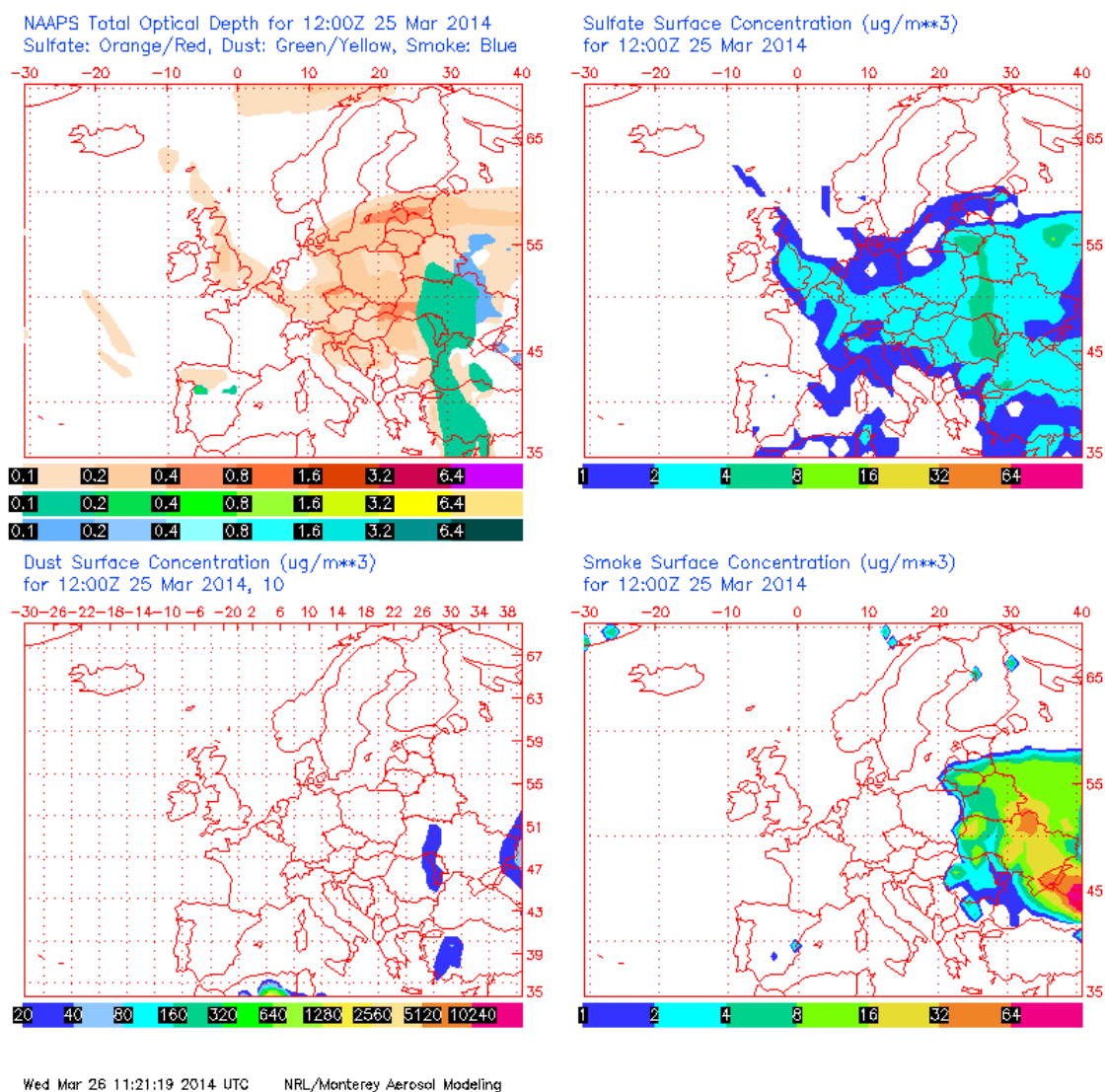
Gráfica 102. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 23/03/2014.



25 DE MARZO DE 2014

La concentración de PM₁₀ fue de 67 µg/m³ obtenida con el analizador automático. Las máximas horarias de altura de las olas registradas en Punta Langosteira y Estaca de Bares fueron respectivamente de 6.0 y 7.0 m. Estos valores corresponden con el aviso nivel naranja. La altura media de las olas fue de 5.3 y 6.1 m. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 79.02 km/h, lo cual se corresponde con un viento muy fuerte.

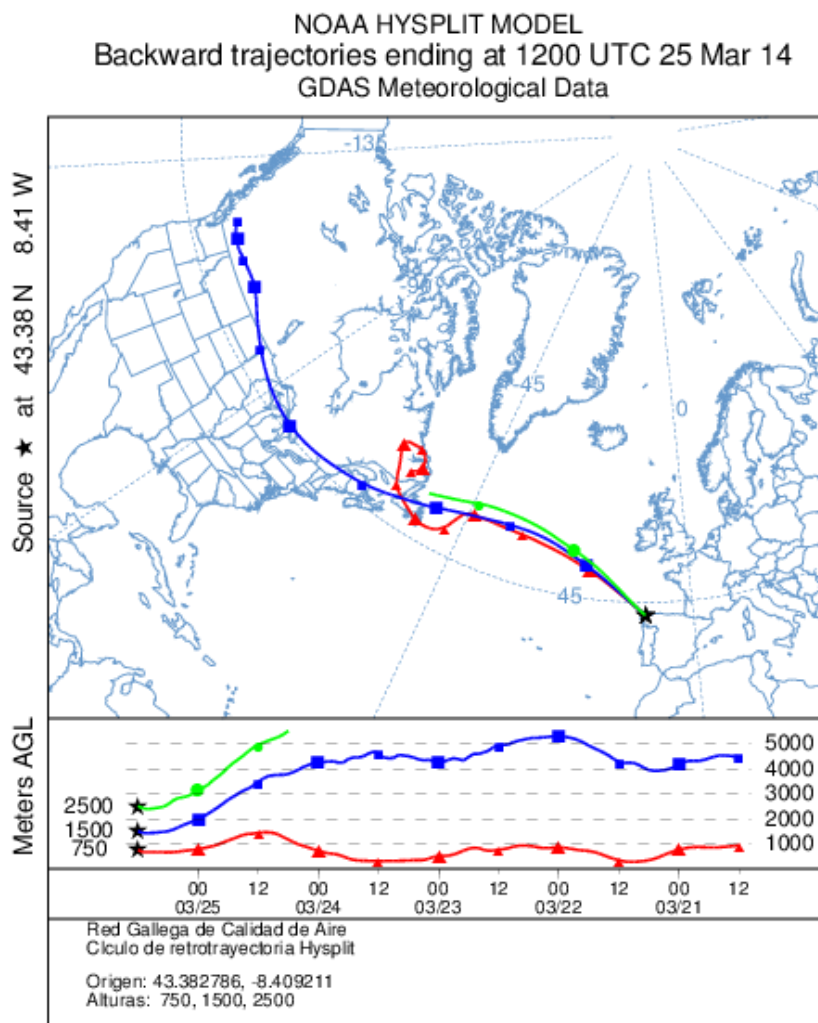
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 103 no muestra concentraciones de sulfato en superficie. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 103. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 25/03/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 104 muestra que las masas de aire proceden del transporte a largas distancias desde el norte del continente americano y de zonas limpias como el Océano Atlántico.



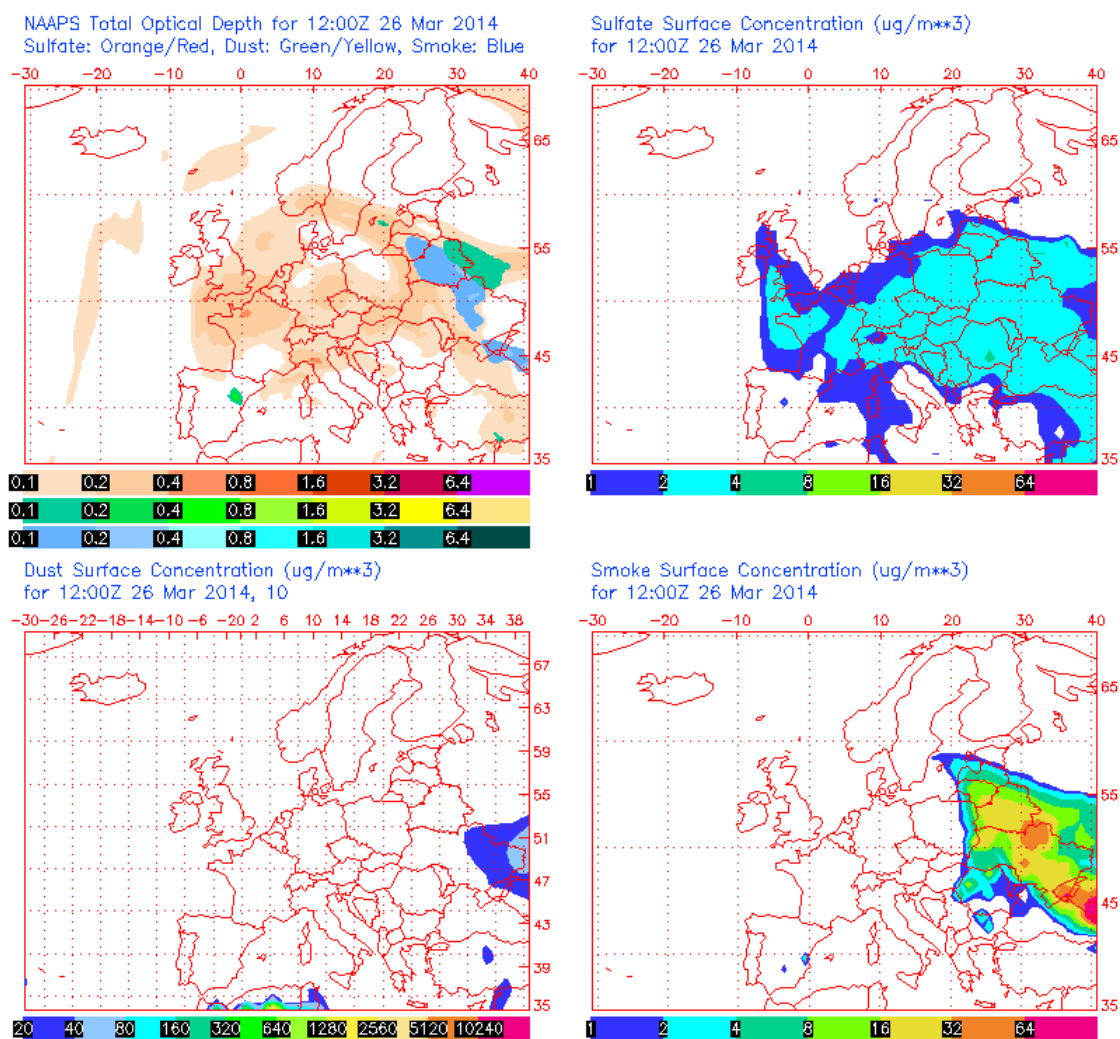
Gráfica 104. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 25/03/2014.



26 DE MARZO DE 2014

La concentración media diaria de PM₁₀ fue de 60 µg/m³, registrada con el analizador automático. Hubo máximas horarias de altura de las olas de 5.2 m en Punta Langosteira. Este valor corresponden con el aviso nivel naranja. La altura media de las olas fue de 4.1 m. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 65.84 km/h, lo cual se corresponde con un viento fuerte.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 105 no muestra concentraciones de sulfato en superficie. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.

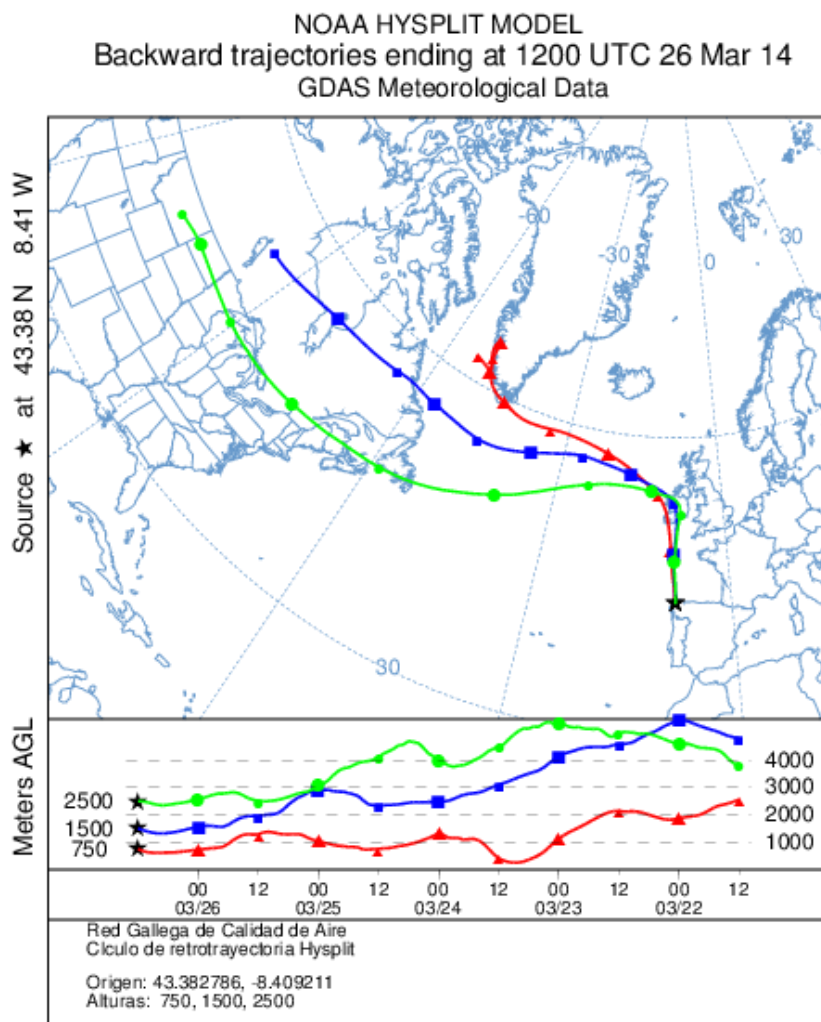


Thu Mar 27 11:20:06 2014 UTC NRL/Monterey Aerosol Modeling

Gráfica 105. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 26/03/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 106 muestra que las masas de aire proceden del transporte a largas distancias desde el norte del continente americano y de zonas limpias como el Océano Atlántico.



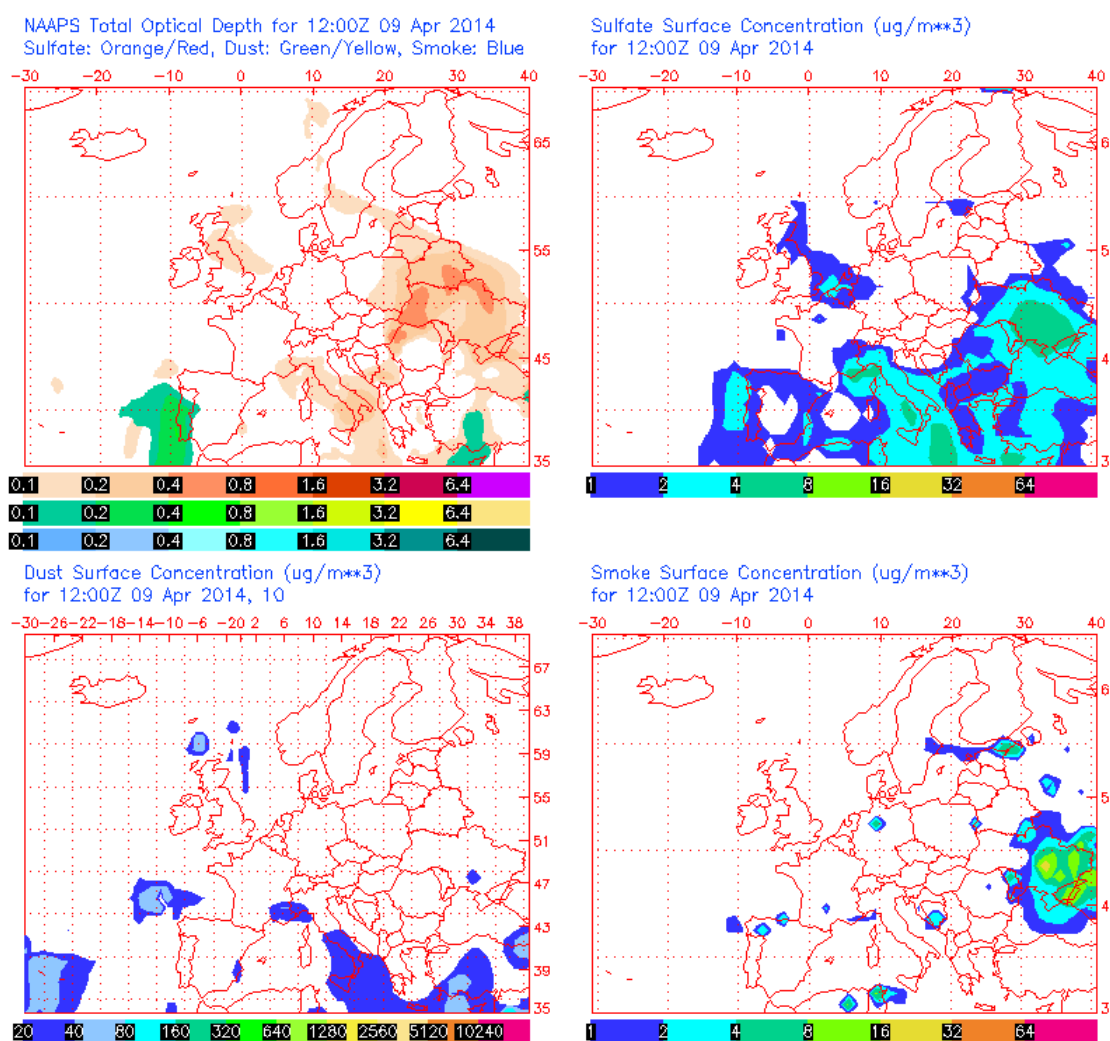
Gráfica 106. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 26/03/2014.



9 DE ABRIL DE 2014

El analizador automático obtuvo 56 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de media diaria de PM_{10} . Se registraron máximas horarias de altura de las olas de 3.2 m en Punta Langosteira, lo cual no alcanza el umbral de aviso nivel amarillo. La altura media de las olas fue de 2.6 m. No existen datos de la boya de Estaca de Bares en esta fecha. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 20.92 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 107 muestra bajas concentraciones de sulfato en superficie, entre 1-4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. No se ha identificado un episodio de quema de biomasa, pero sí se ha identificado un episodio de polvo sahariano.

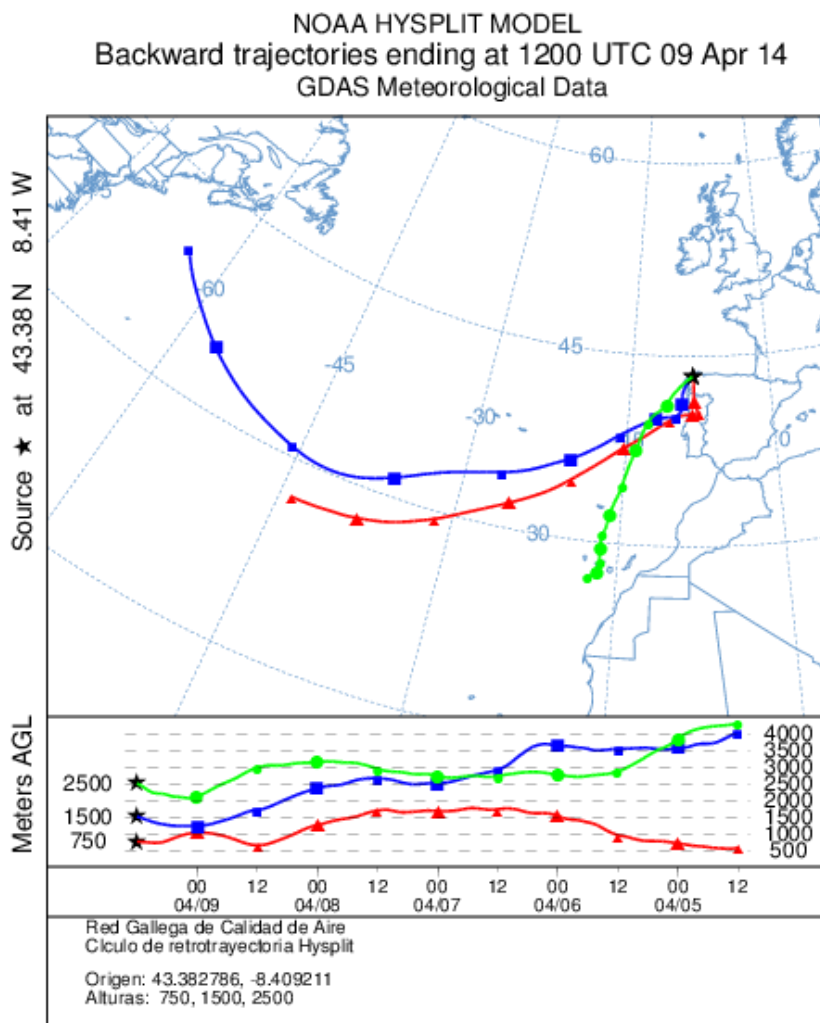


Thu Apr 10 11:20:47 2014 UTC NRL/Monterey Aerosol Modeling

Gráfica 107. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 09/04/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 108 muestra que las masas de aire proceden de distintas zonas dependiendo de su altura, las correspondientes a alturas de 2500 m y 1500 m proceden de zonas limpias del Océano Atlántico mientras que las masas de aire situadas a 2500 m viene de la costa africana.



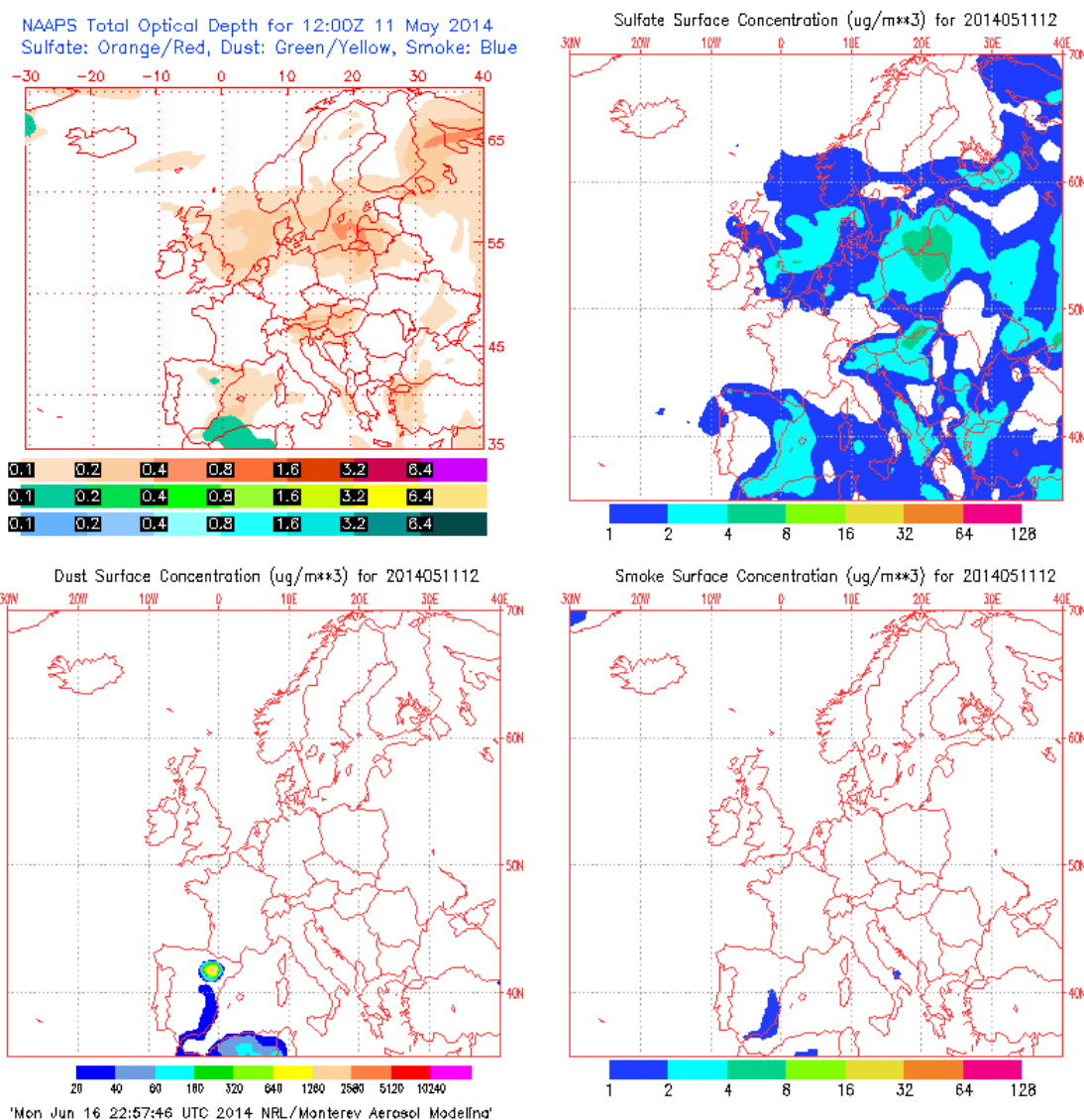
Gráfica 108. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 09/04/2014.



11 DE MAYO DE 2014

La concentración media diaria de PM₁₀ de 59 µg/m³ obtenida con el analizador automático. Se registraron máximas horarias de altura de las olas de 2.9 y 3.7 m en Punta Langosteira y Estaca de Bares respectivamente. Estos valores no llegan al umbral de aviso nivel amarillo. La altura media de las olas fue de 2.3 y 2.9 m. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 26.93 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

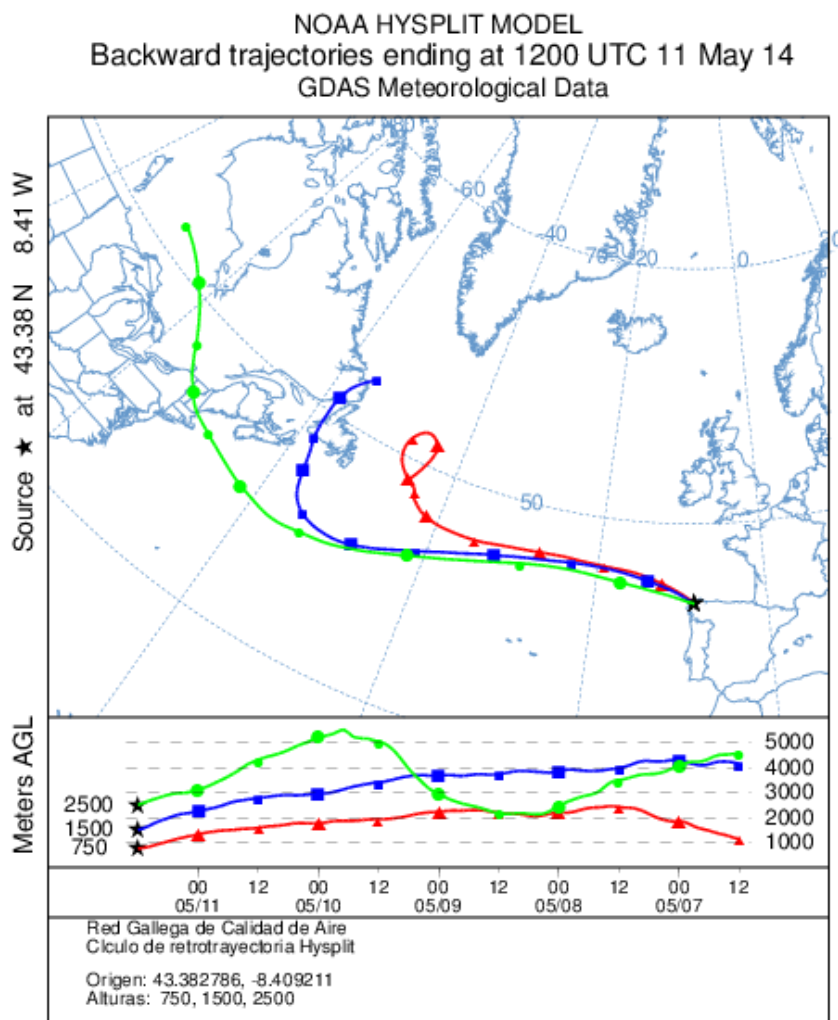
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 109 muestra concentraciones bajas de sulfato en superficie, entre 1-2 µg/m³. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 109. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 11/05/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 110 muestra que las masas de aire proceden del transporte a largas distancias desde el norte del continente americano y de zonas limpias como el Océano Atlántico.



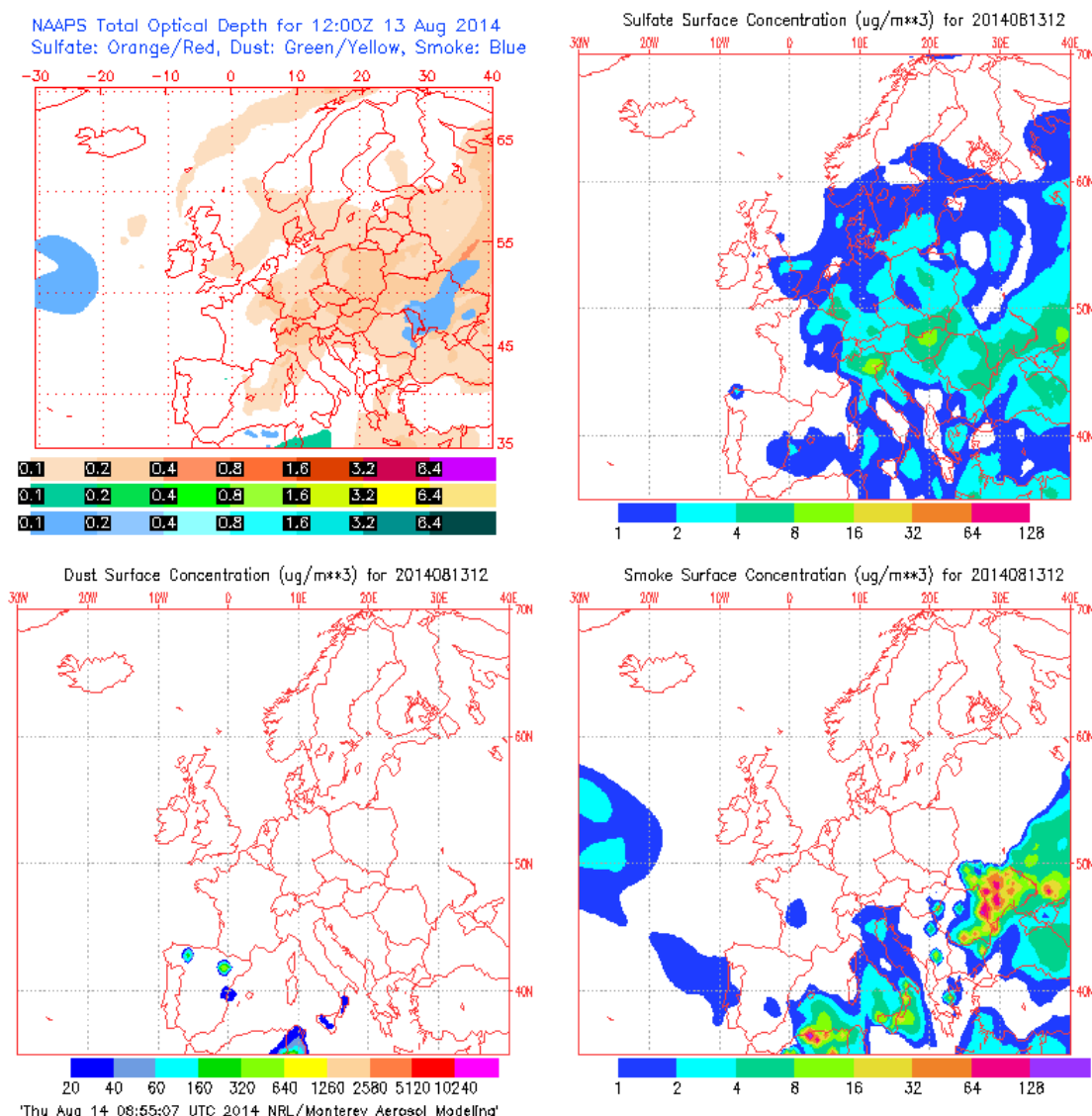
Gráfica 110. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 11/05/2014.



13 DE AGOSTO DE 2014

El analizador automático detectó una concentración media diaria de PM₁₀ de 66 µg/m³. Hubo máximas horarias de altura de las olas de 2.6 y 2.8 m en Punta Langosteira y Estaca de Bares respectivamente. Estos valores no llegan al umbral de aviso nivel amarillo. La altura media de las olas fue de 2.2 y 2.3 m. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 31.39km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

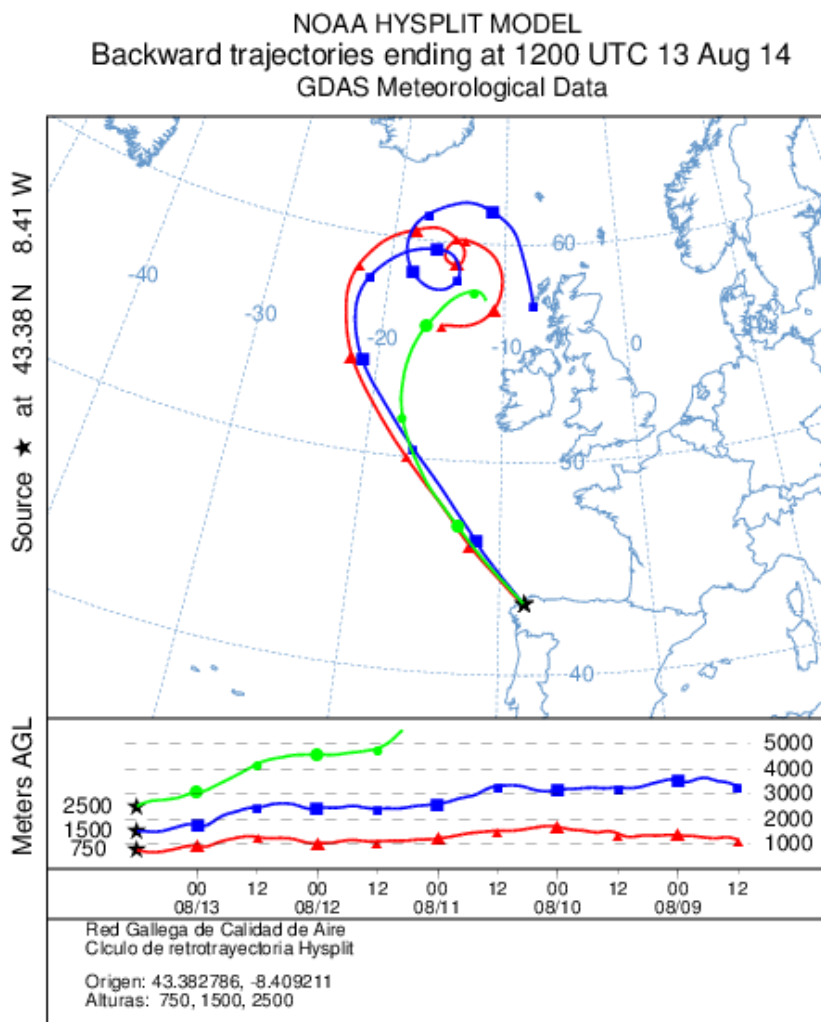
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 111 muestra concentraciones bajas de sulfato en superficie, entre 1-2 µg/m³. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 111. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 13/08/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 112 muestra que las masas de aire procedentes de zonas limpias como el Océano Atlántico.



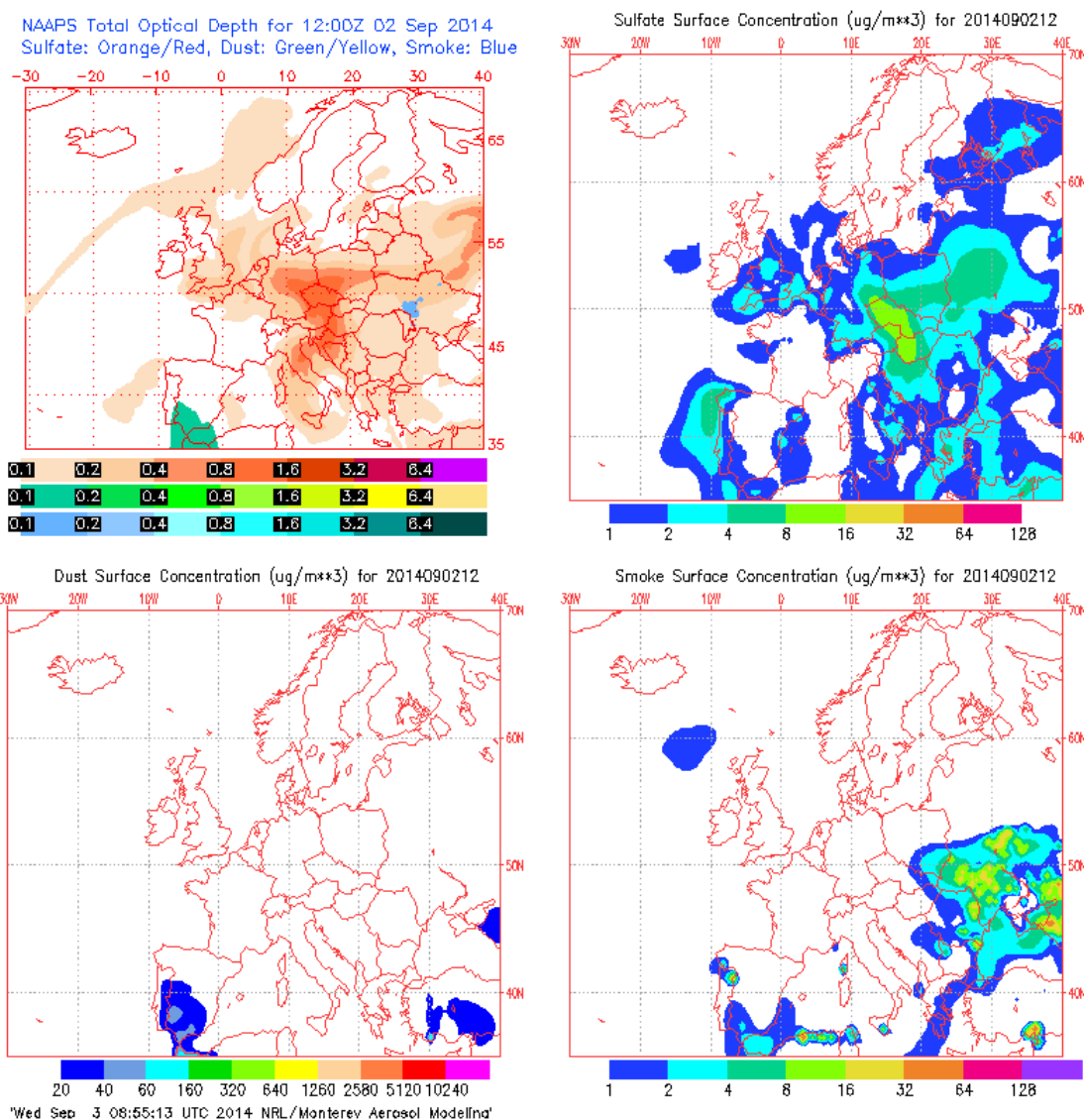
Gráfica 112. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 13/08/2014.



2 DE SEPTIEMBRE DE 2014

La concentración de PM₁₀ medida con el analizador automático fue de 52 µg/m³ para la media diaria. Se registraron máximas horarias de altura de las olas de 2.6 y 3.3 m en Punta Langosteira y Estaca de Bares respectivamente. Estos valores no llegan al umbral de aviso nivel amarillo. La altura media de las olas fue de 2.0 y 2.8 m. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 27.18 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

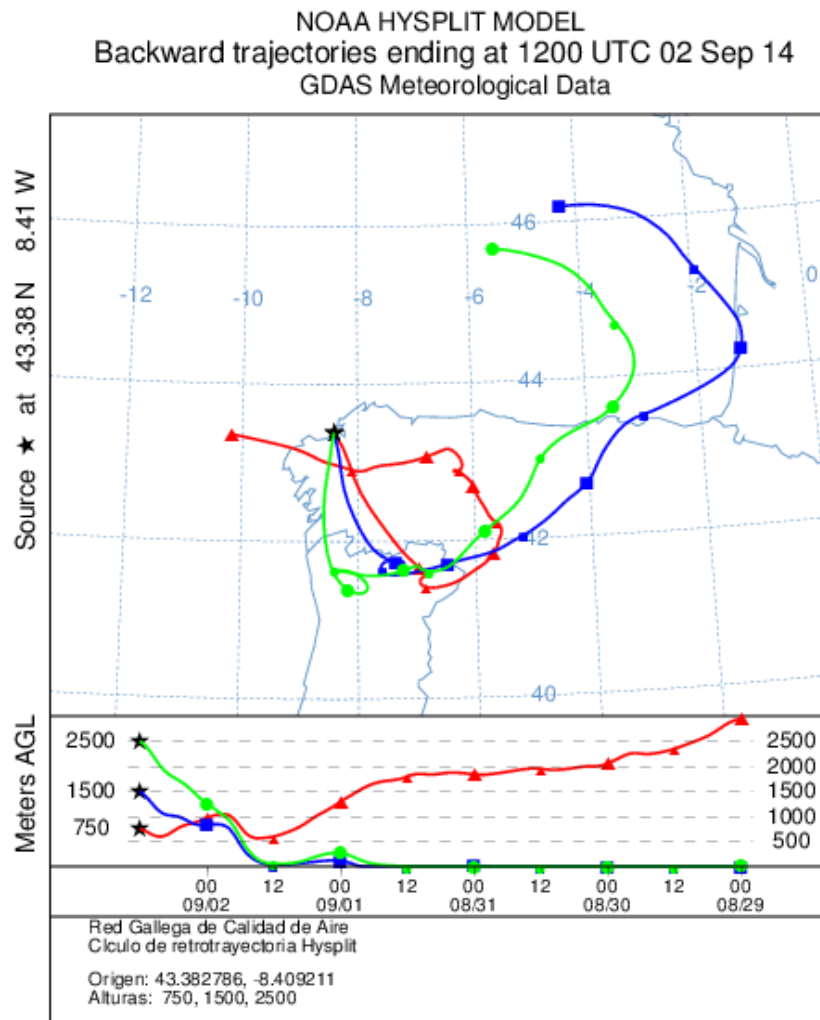
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 113 muestra concentraciones bajas de sulfato en superficie, entre 2-8 µg/m³. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 113. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 02/09/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 114 muestra que las masas provienen de la península Ibérica y del mar Cantábrico.



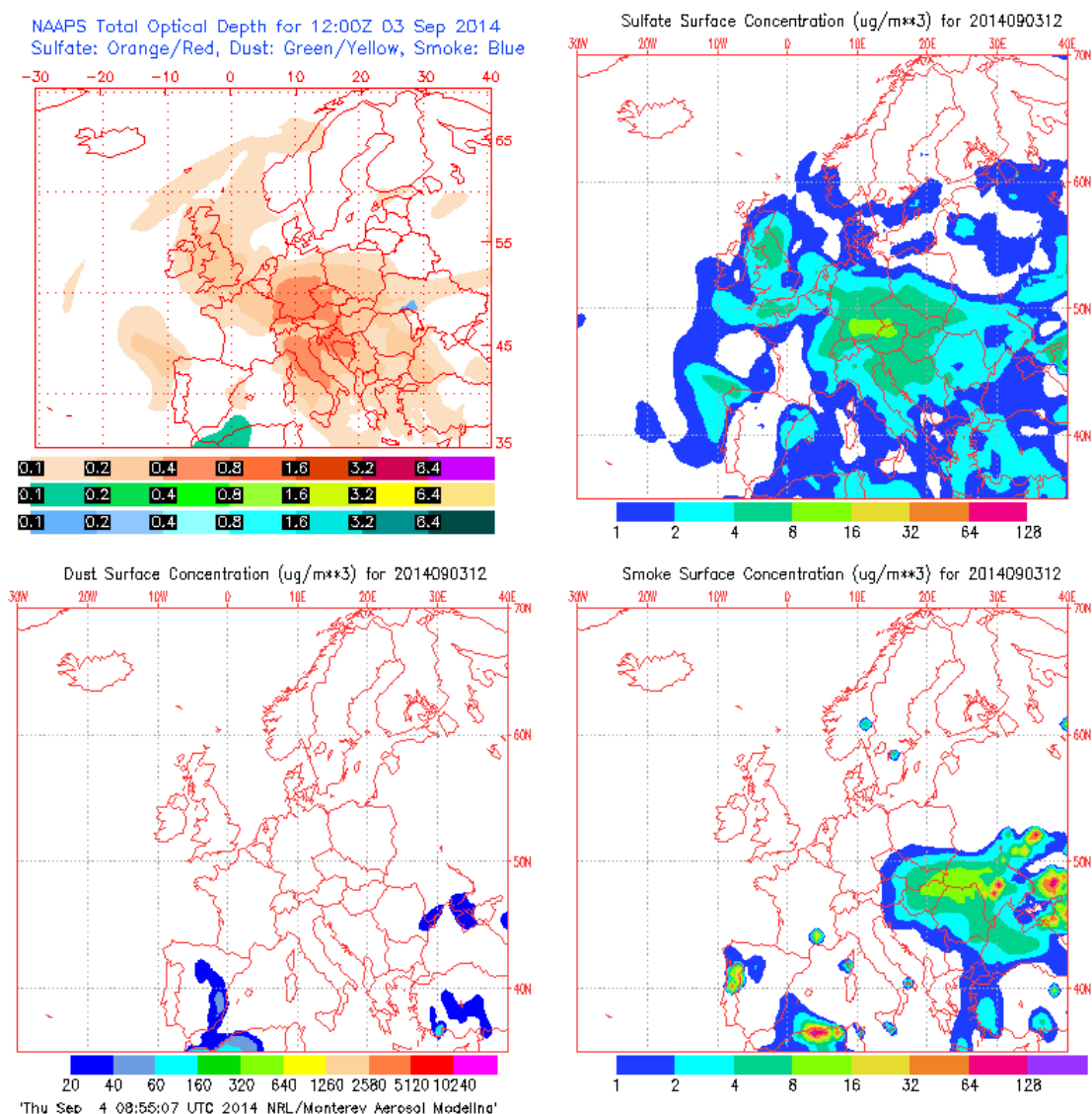
Gráfica 114. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 02/09/2014.



3 DE SEPTIEMBRE DE 2014

La concentración media diaria de PM₁₀ fue de 55 µg/m³, obtenida con el analizador automático. Se registraron máximas horarias de altura de las olas de 2.2 y 3.3 m en Punta Langosteira y Estaca de Bares respectivamente. Estos valores no llegan al umbral de aviso nivel amarillo. La altura media de las olas fue de 1.6 y 2.1 m. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 18.47 km/h, lo cual se corresponde con un viento débil.

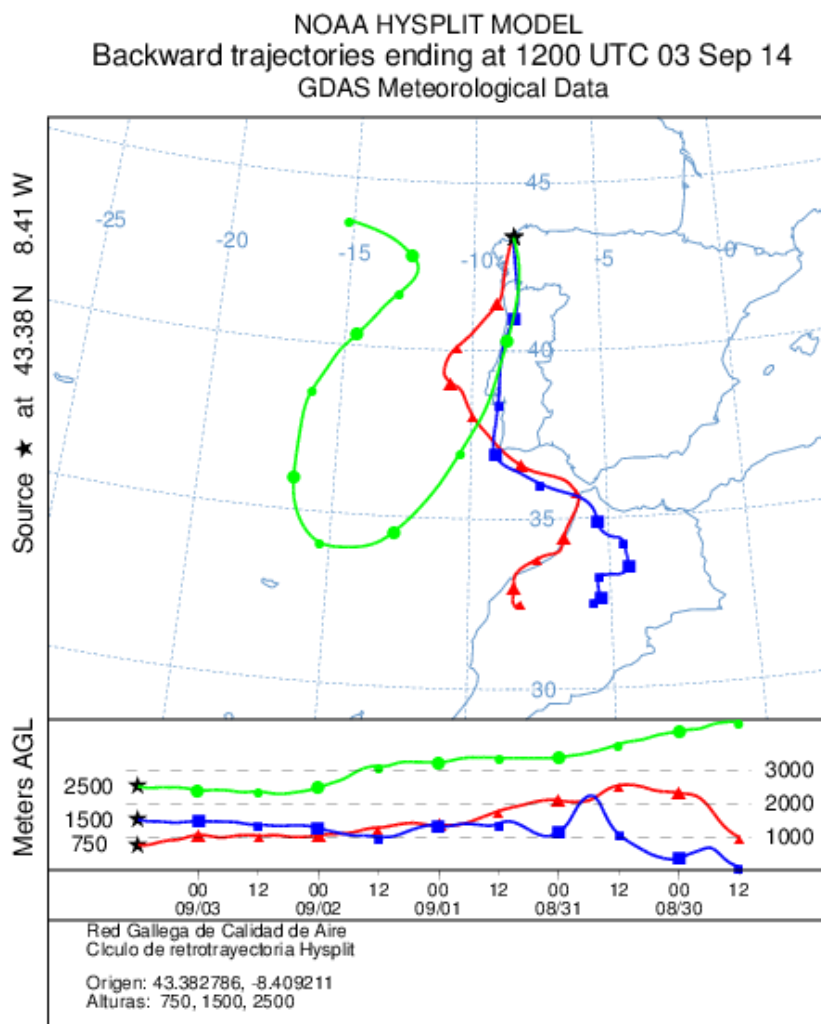
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 115 muestra concentraciones bajas de sulfato en superficie, entre 2-8 µg/m³. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 115. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 03/09/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 116 muestra que las masas de aire varían su procedencia dependiendo de su altura. A 750 m y 1500 m, provienen del norte de África, mientras que a 2500 m proceden del Océano Atlántico.



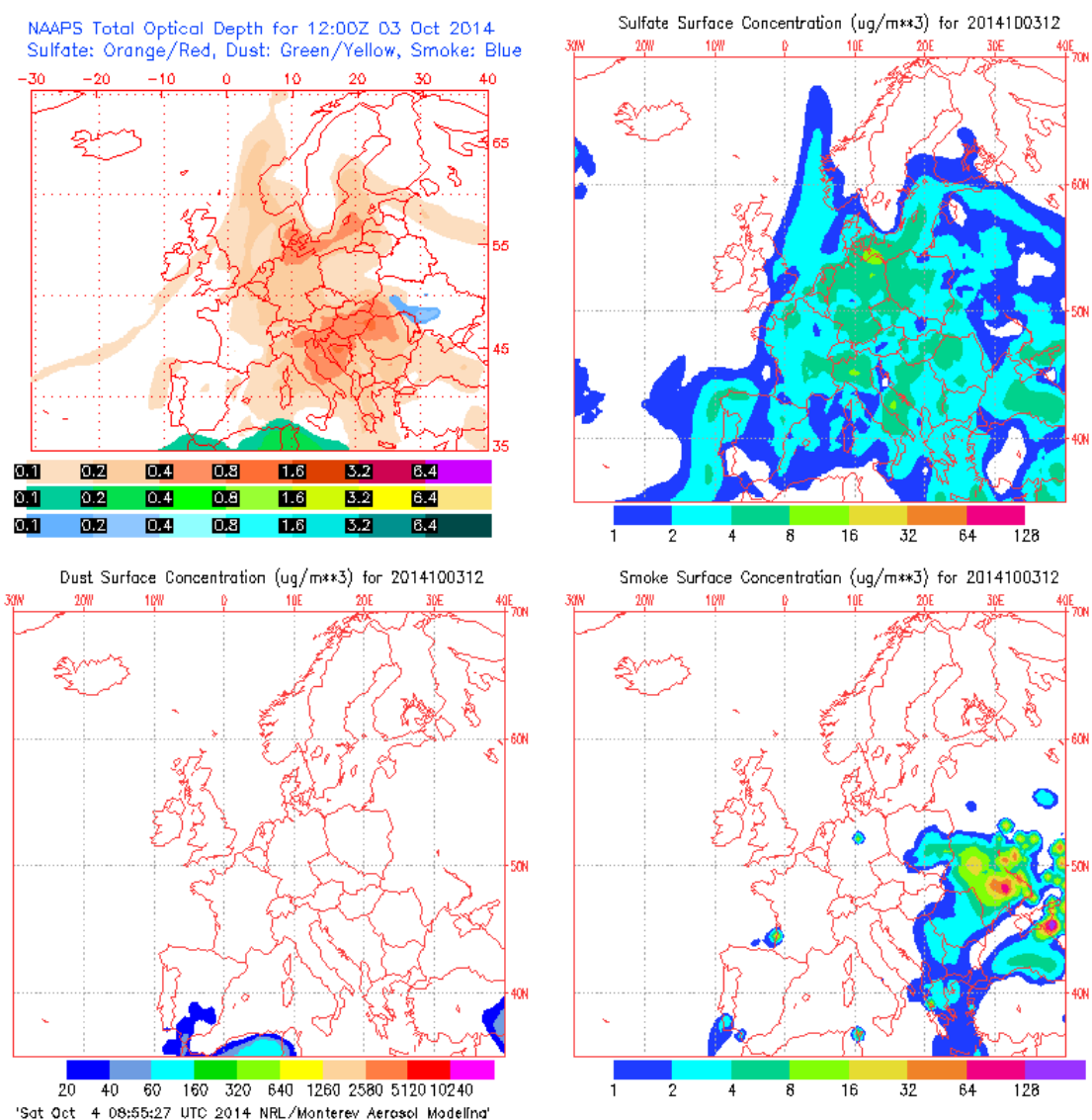
Gráfica 116. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 03/09/2014.



3 DE OCTUBRE DE 2014

Se registró una concentración media diaria de PM₁₀ de 55 µg/m³ con el analizador automático. Se obtuvieron máximas horarias de altura de las olas de 4.6 y 5.2 m en Punta Langosteira y Estaca de Bares respectivamente. Estos valores suponen un aviso nivel naranja. La altura media de las olas fue de 3.2 y 3.3 m. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 26.21 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

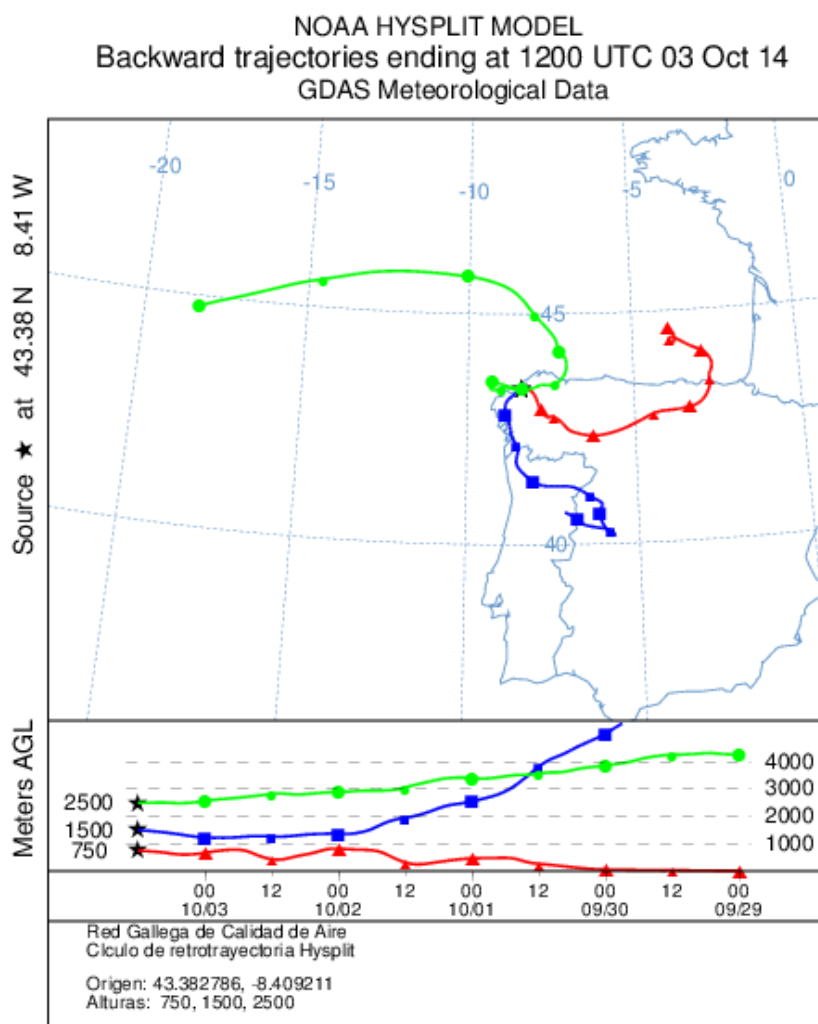
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 117 muestra concentraciones bajas de sulfato en superficie, entre 2-8 µg/m³. No se ha identificado episodio de quema de biomasa pero sí que se ha identificado una intrusión de polvo sahariano.



Gráfica 117. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 03/10/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 118 muestra que las masas de aire procedentes de distintas zonas dependiendo de su altura. A 2500 m de altura la masa de aire procede del Océano Atlántico mientras que a 1500 m y 750 m proviene de la península Ibérica.



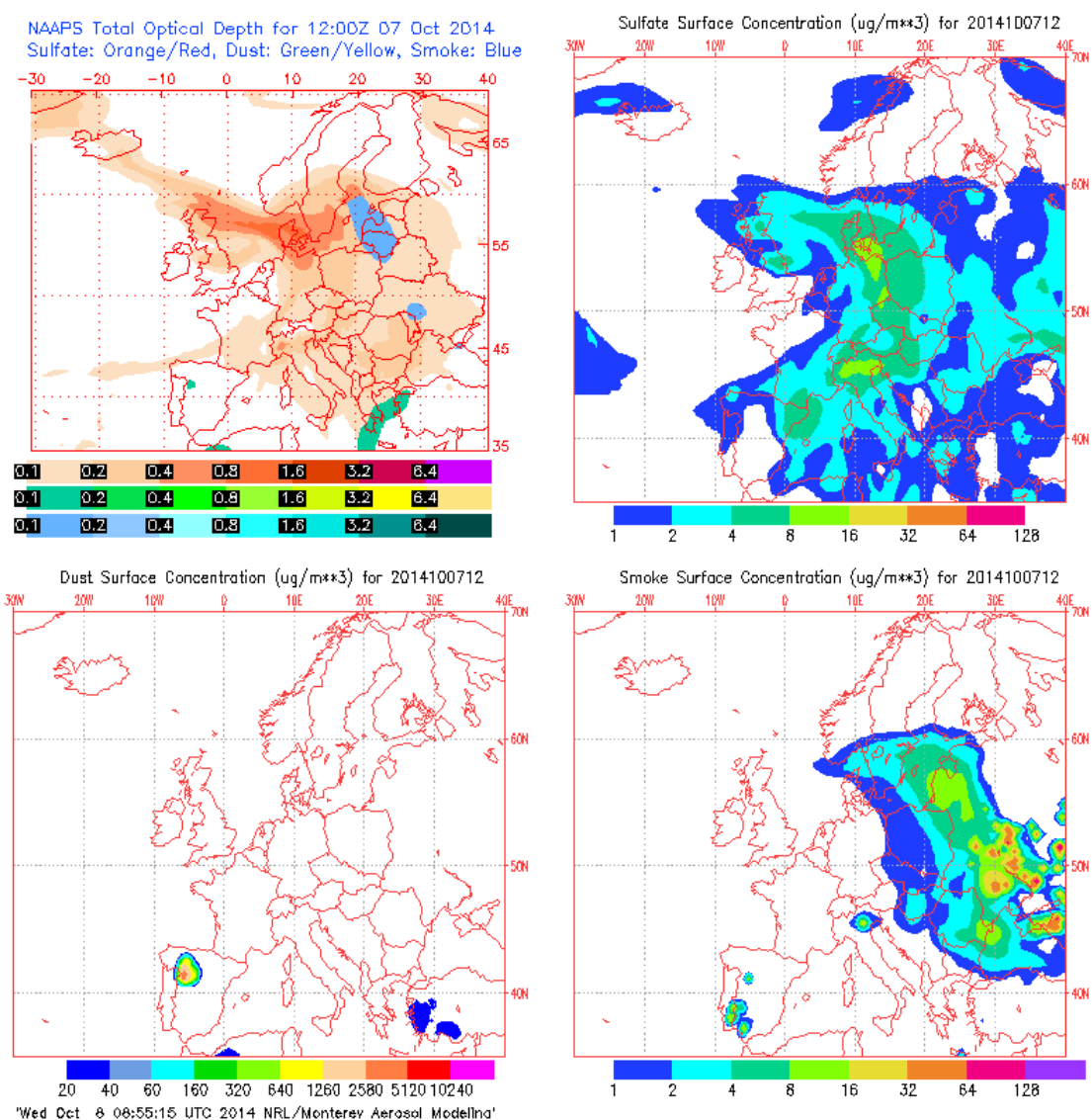
Gráfica 118. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 03/10/2014.



7 DE OCTUBRE DE 2014

La concentración media diaria obtenida con el analizador automático fue de $62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} . Hubo máximas horarias de altura de las olas de 4.5 y 5.4 m en Punta Langosteira y Estaca de Bares respectivamente. Estos valores suponen un nivel de aviso nivel naranja. La altura media de las olas fue de 3.5 y 3.9 m. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 49.86 km/h, lo cual se corresponde con un viento fuerte.

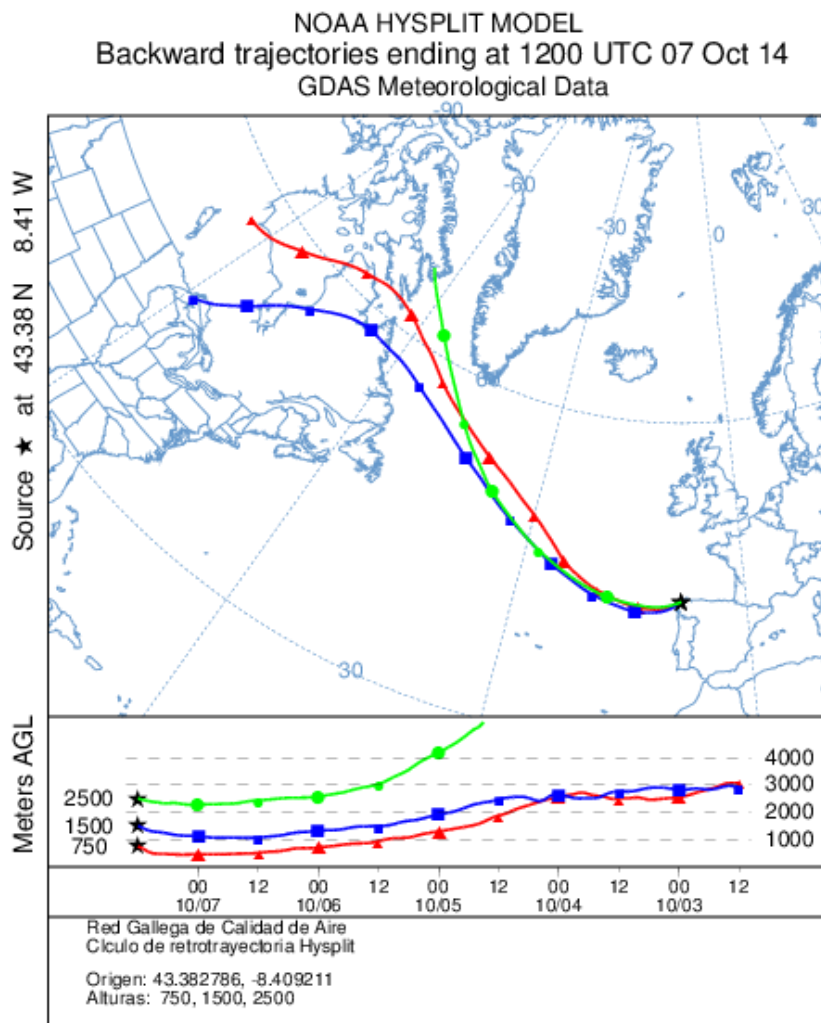
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 119 muestra concentraciones bajas de sulfato en superficie, entre $1\text{-}4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 119. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 07/10/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 120 muestra que las masas de aire proceden del transporte a largas distancias desde el norte del continente americano y de zonas limpias como el Océano Atlántico.



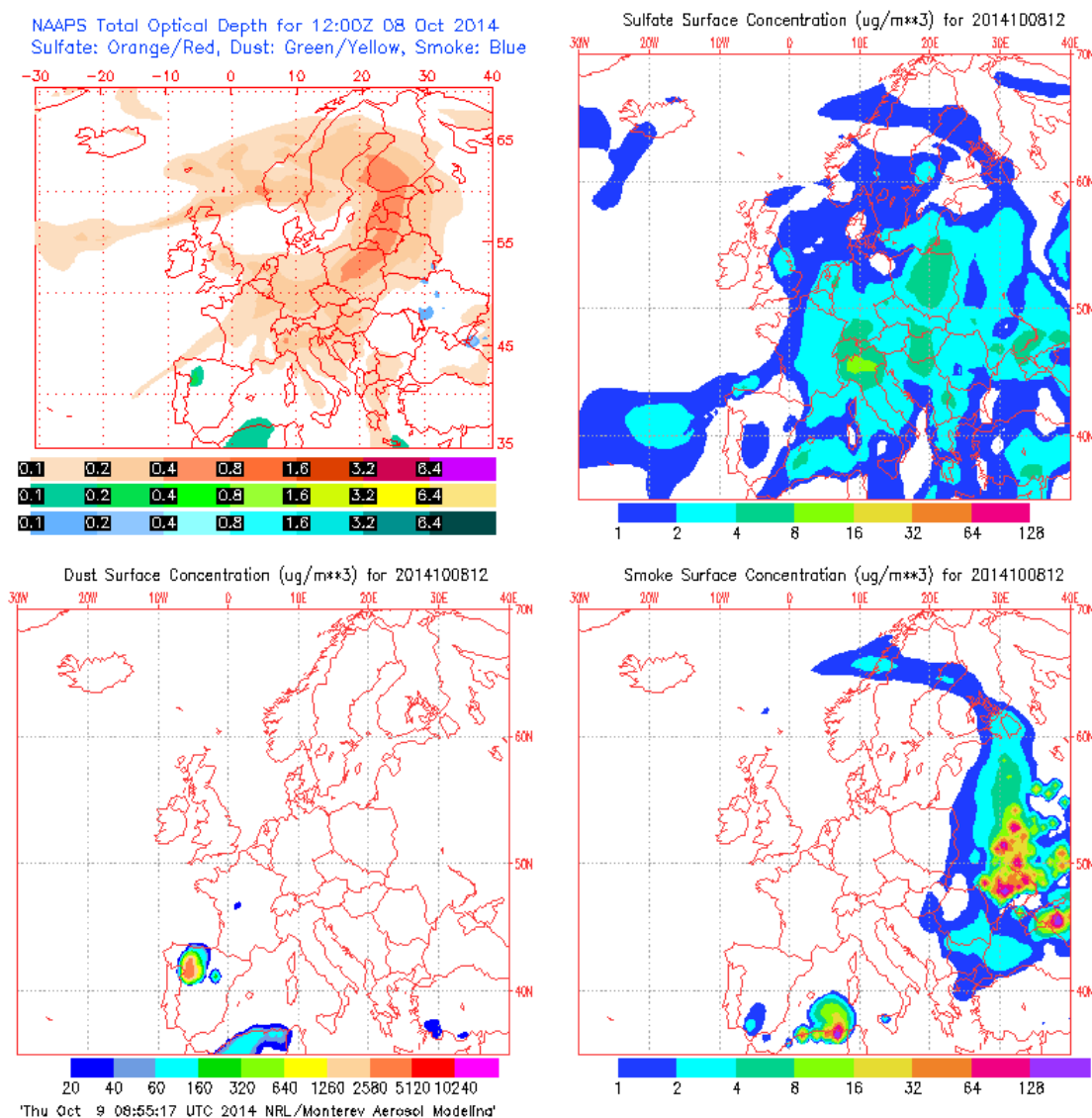
Gráfica 120. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 07/10/2014.



8 DE OCTUBRE DE 2014

La concentración media diaria de PM₁₀ fue de 55 µg/m³ obtenida con el analizador automático. Se registraron máximas horarias de altura de las olas de 4.1 y 4.8 m en Punta Langosteira y Estaca de Bares respectivamente. Estos valores suponen un nivel de aviso nivel amarillo. La altura media de las olas fue de 3.5 y 3.9 m. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 50.11 km/h, lo cual se corresponde con un viento fuerte.

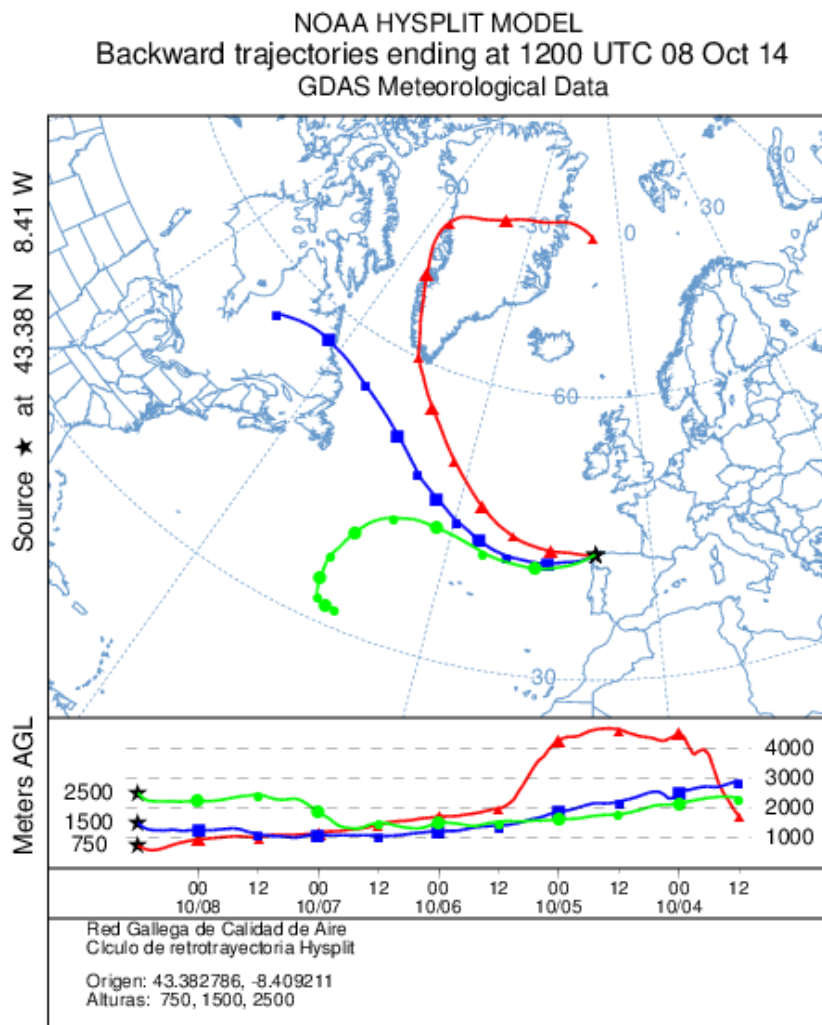
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 121 muestra concentraciones bajas de sulfato en superficie, entre 1-4 µg/m³. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 121. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 08/10/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 122 muestra que las masas de aire proceden del transporte a largas distancias desde el norte del continente americano y de zonas limpias como el Océano Atlántico.



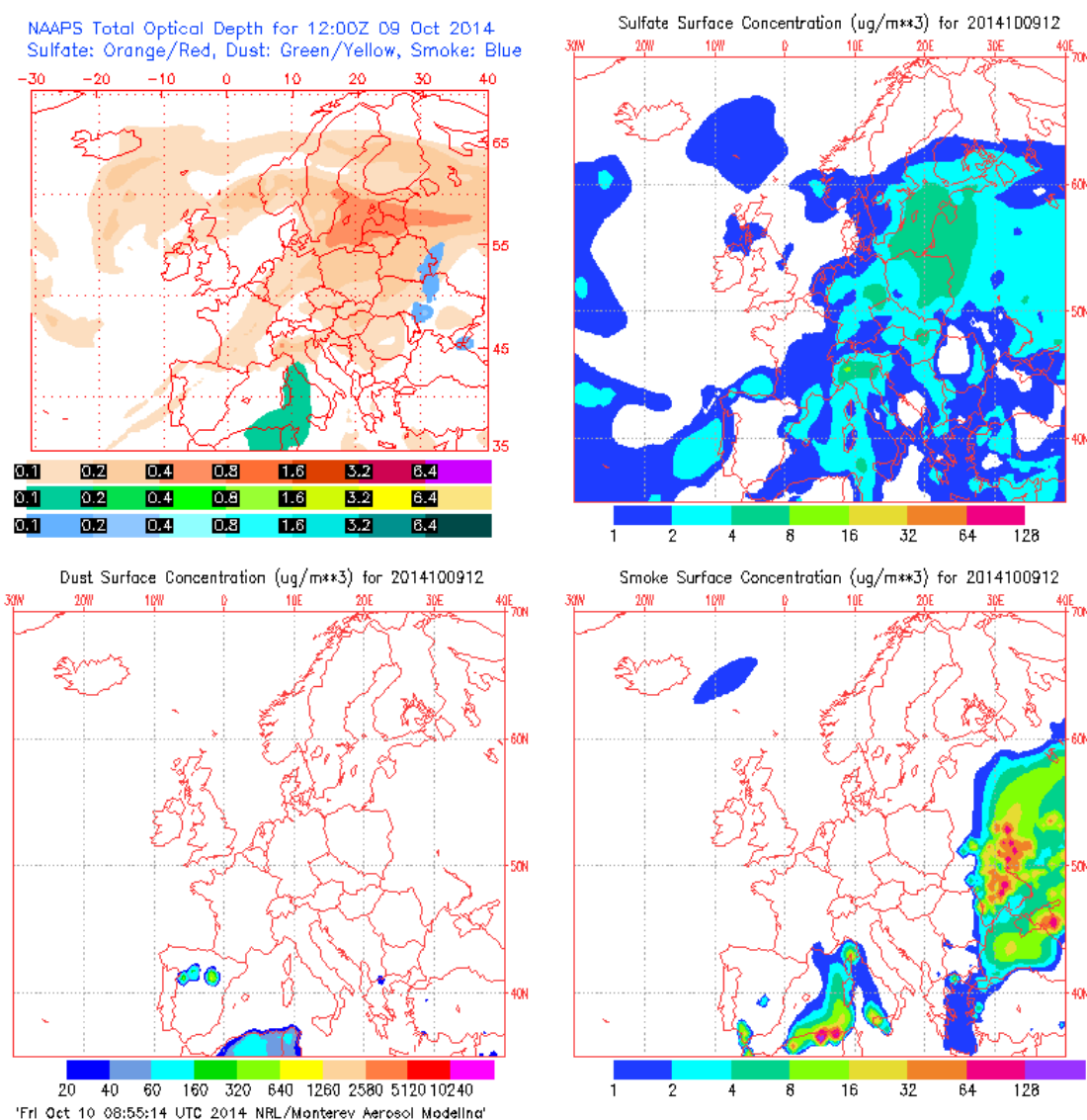
Gráfica 122. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 08/10/2014.



9 DE OCTUBRE DE 2014

El analizador automático registró una concentración media diaria de PM₁₀ de 53 µg/m³. Se obtuvieron máximas horarias de altura de las olas de 4.1 y 4.6 m en Punta Langosteira y Estaca de Bares respectivamente. Estos valores suponen un nivel de aviso nivel amarillo. La altura media de las olas fue de 3.3 y 3.8 m. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 32.94 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

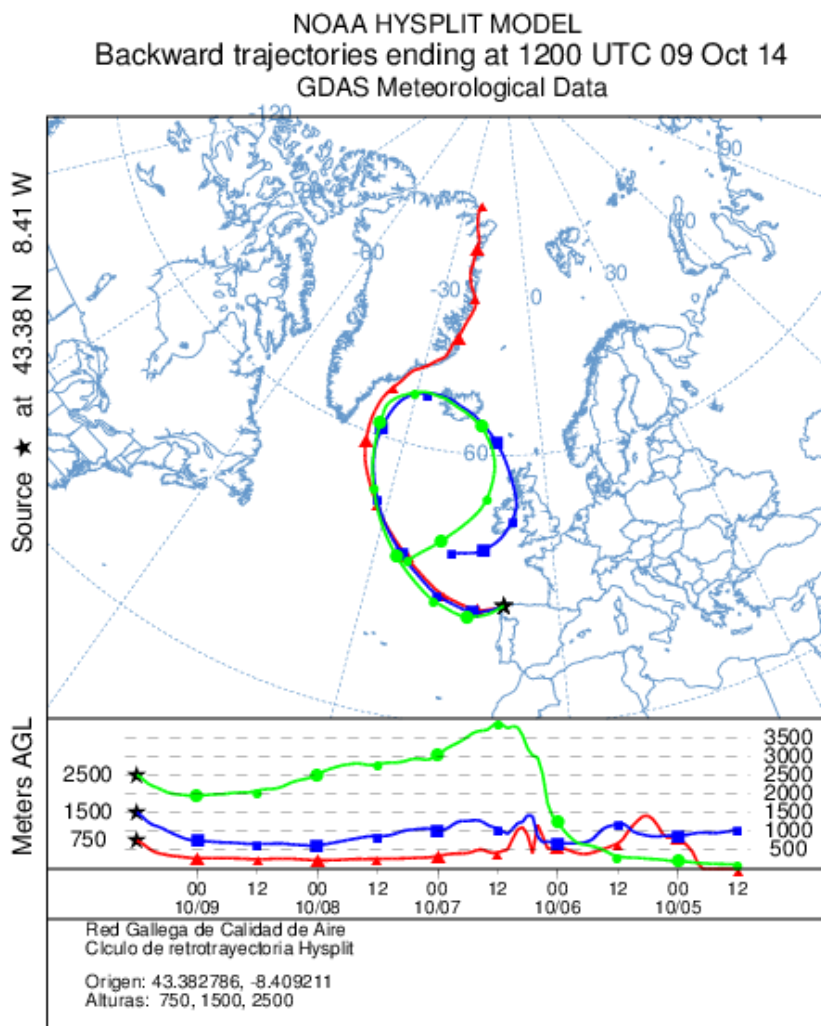
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 123 muestra concentraciones bajas de sulfato en superficie, entre 1-4 µg/m³. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 123. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 09/10/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 124 muestra que las masas de aire proceden del transporte a largas distancias desde el norte de Europa.



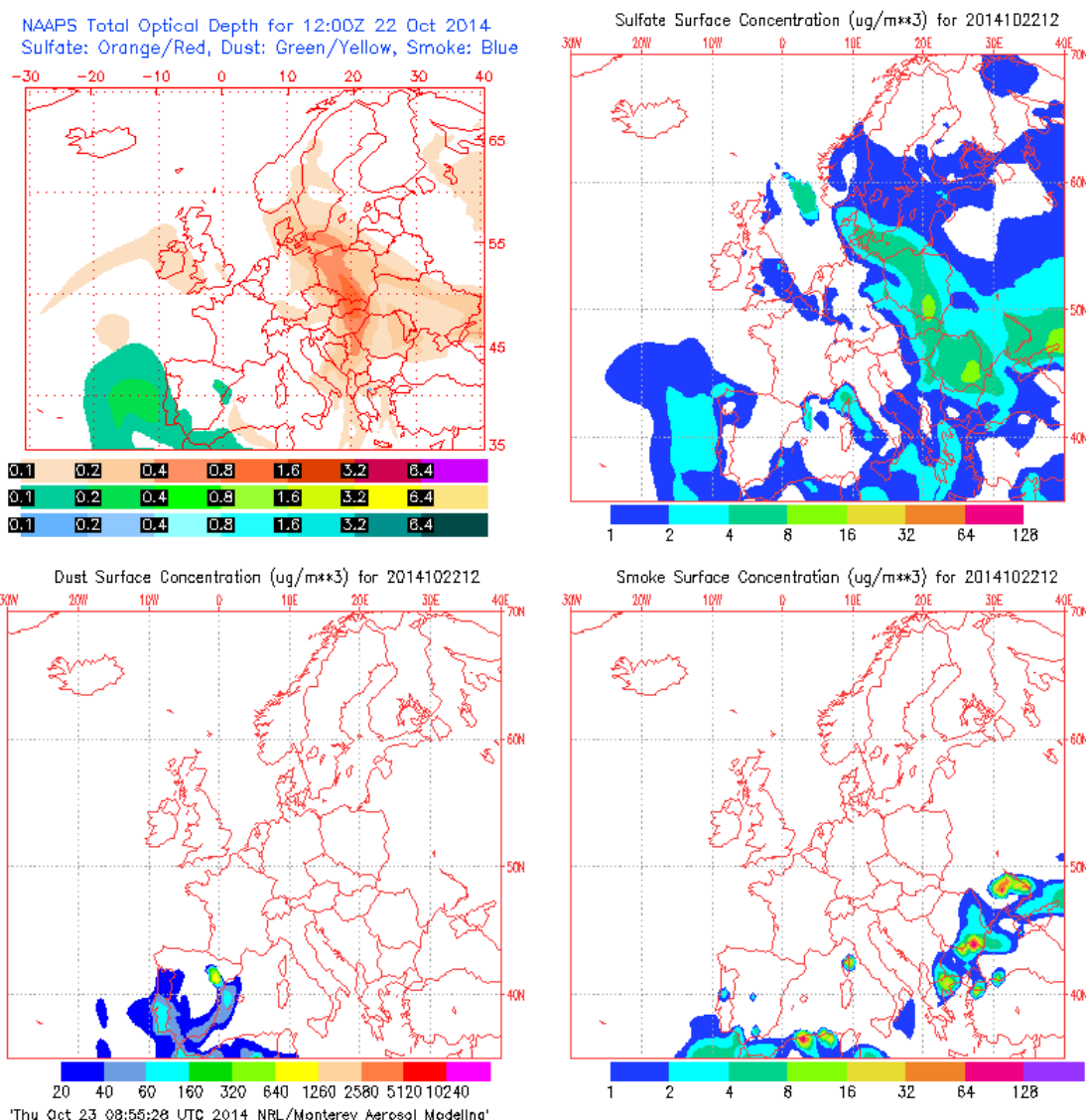
Gráfica 124. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 09/10/2014.



22 DE OCTUBRE DE 2014

La concentración media diaria de PM₁₀ fue de 62 µg/m³ registrada con el analizador automático. Se obtuvieron registraron máximas horarias de altura de las olas de 3.0 y 3.9 m en Punta Langosteira y Estaca de Bares respectivamente. Estos valores no llegan al umbral de aviso nivel amarillo. La altura media de las olas fue de 2.3 y 2.7 m. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 21.28 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

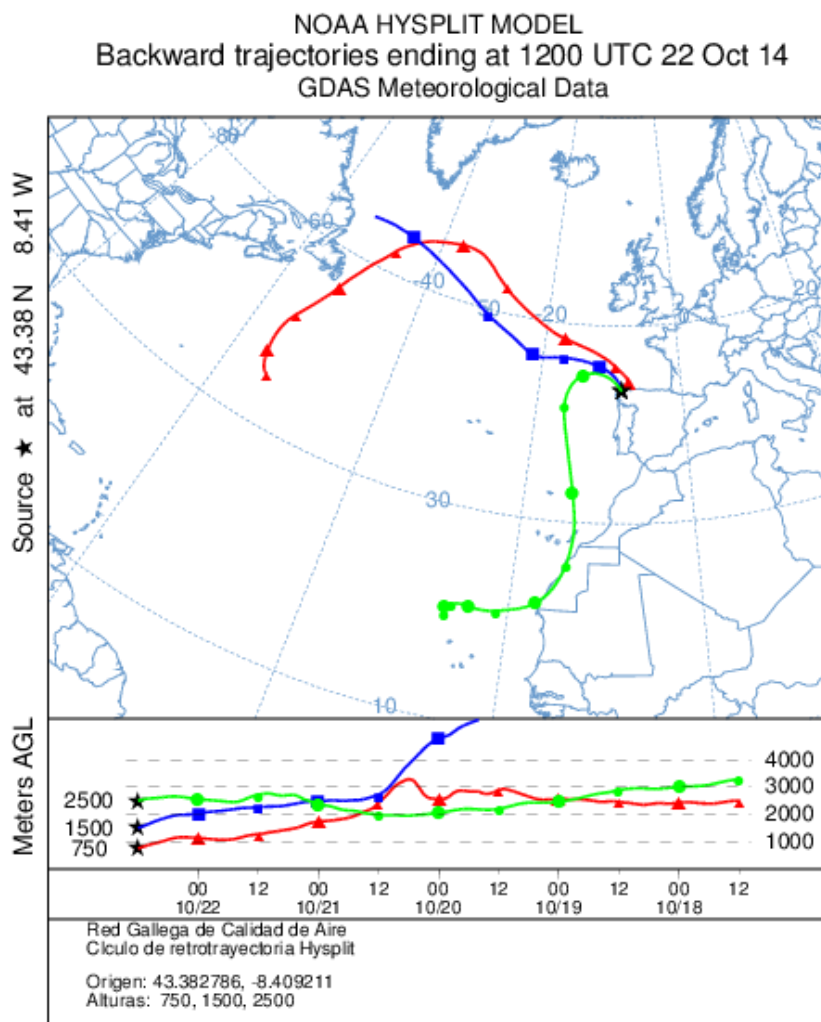
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 125 muestra concentraciones bajas de sulfato en superficie, entre 1-4 µg/m³. No se han identificado episodios de quema de biomasa pero sí una intrusión de polvo sahariano.



Gráfica 125. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 22/10/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 126 muestra que las masas de aire proceden de distintas zonas según su altura. Las masas de aire situadas a 1500 m y 750 m proceden del Océano Atlántico mientras que la situada a 2500 m procede de la costa de África.



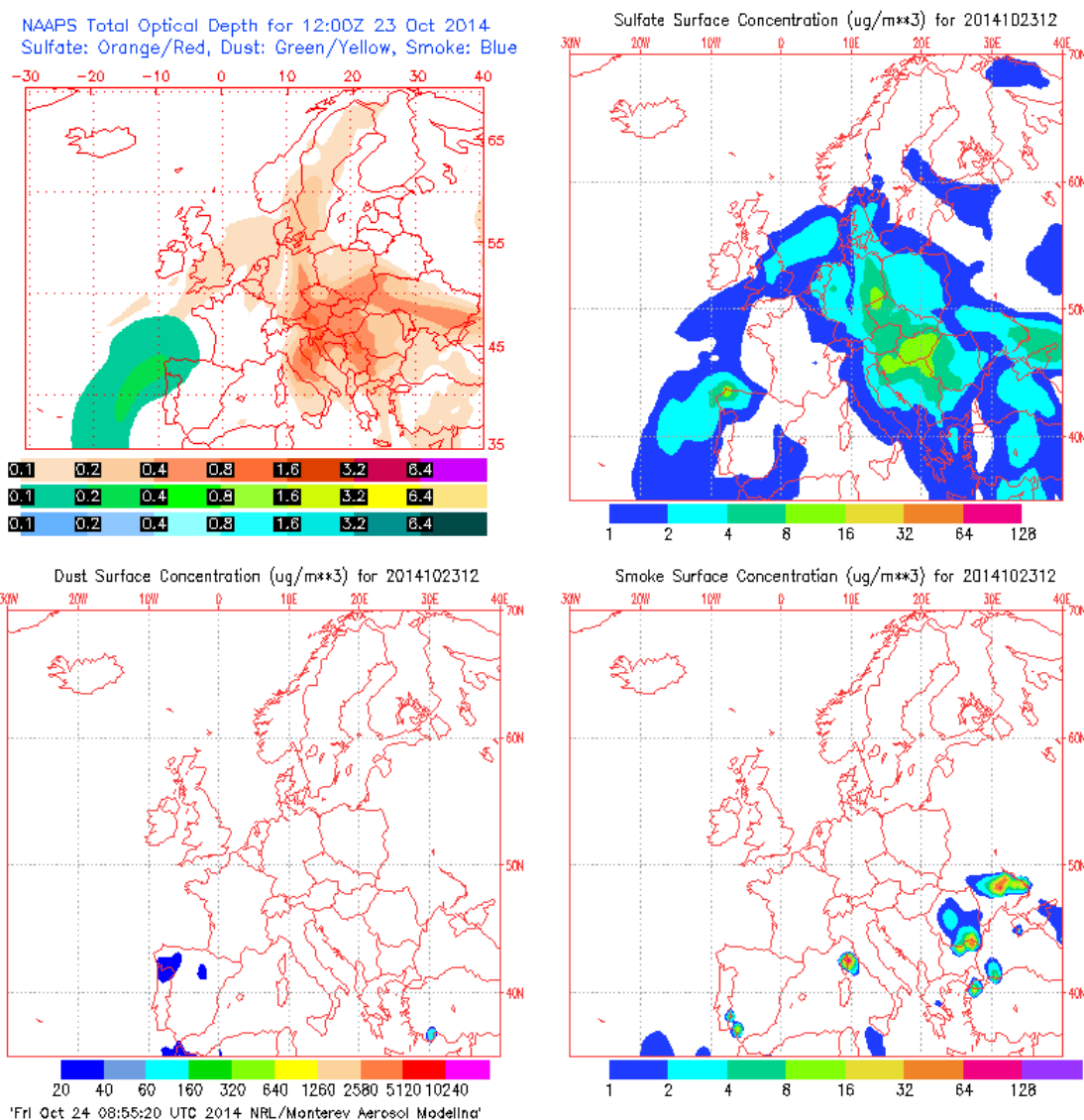
Gráfica 126. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 22/10/2014.



23 DE OCTUBRE DE 2014

El analizador automático obtuvo 67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de concentración media diaria de PM_{10} . Se registraron máximas horarias de altura de las ola 3.4 m en Estaca de Bares. Este valor no llega al umbral de aviso nivel amarillo. La altura media de las ola fue de 2.3 m. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 23.18 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

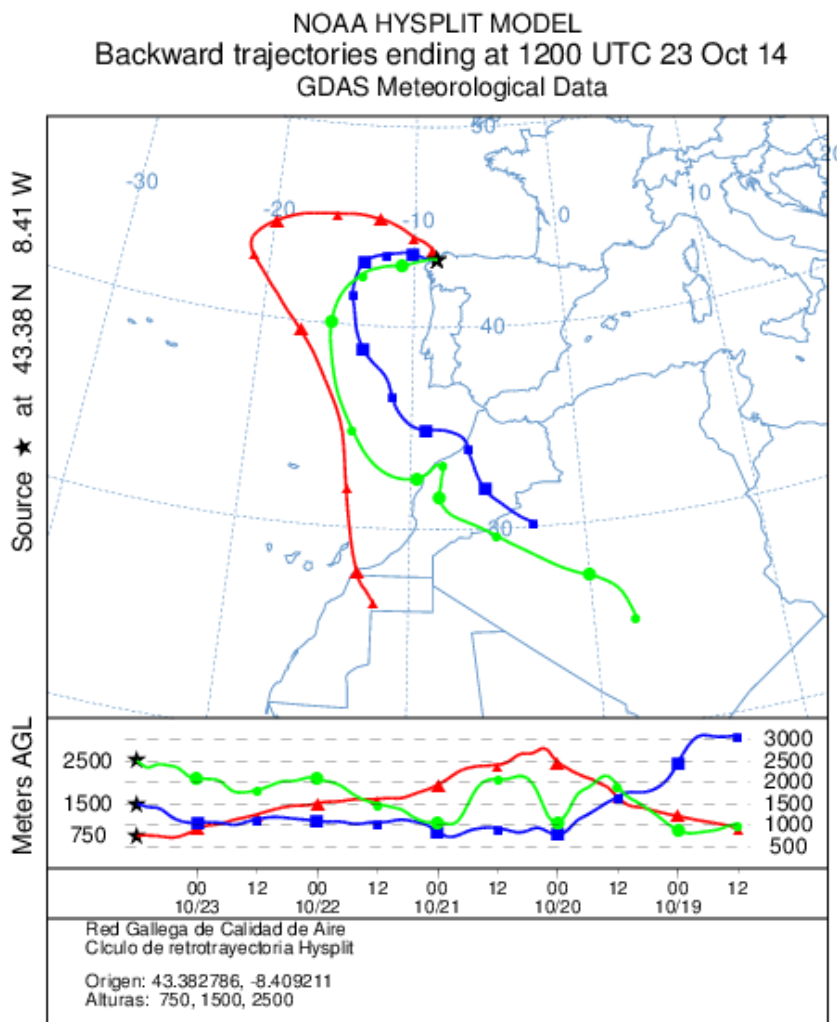
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 127 muestra concentraciones medias de sulfato en superficie, entre 2-16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. No se han identificado episodios de quema de biomasa pero sí una intrusión de polvo sahariano.



Gráfica 127. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 23/10/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 128 muestra que las masas de aire proceden del norte de África.

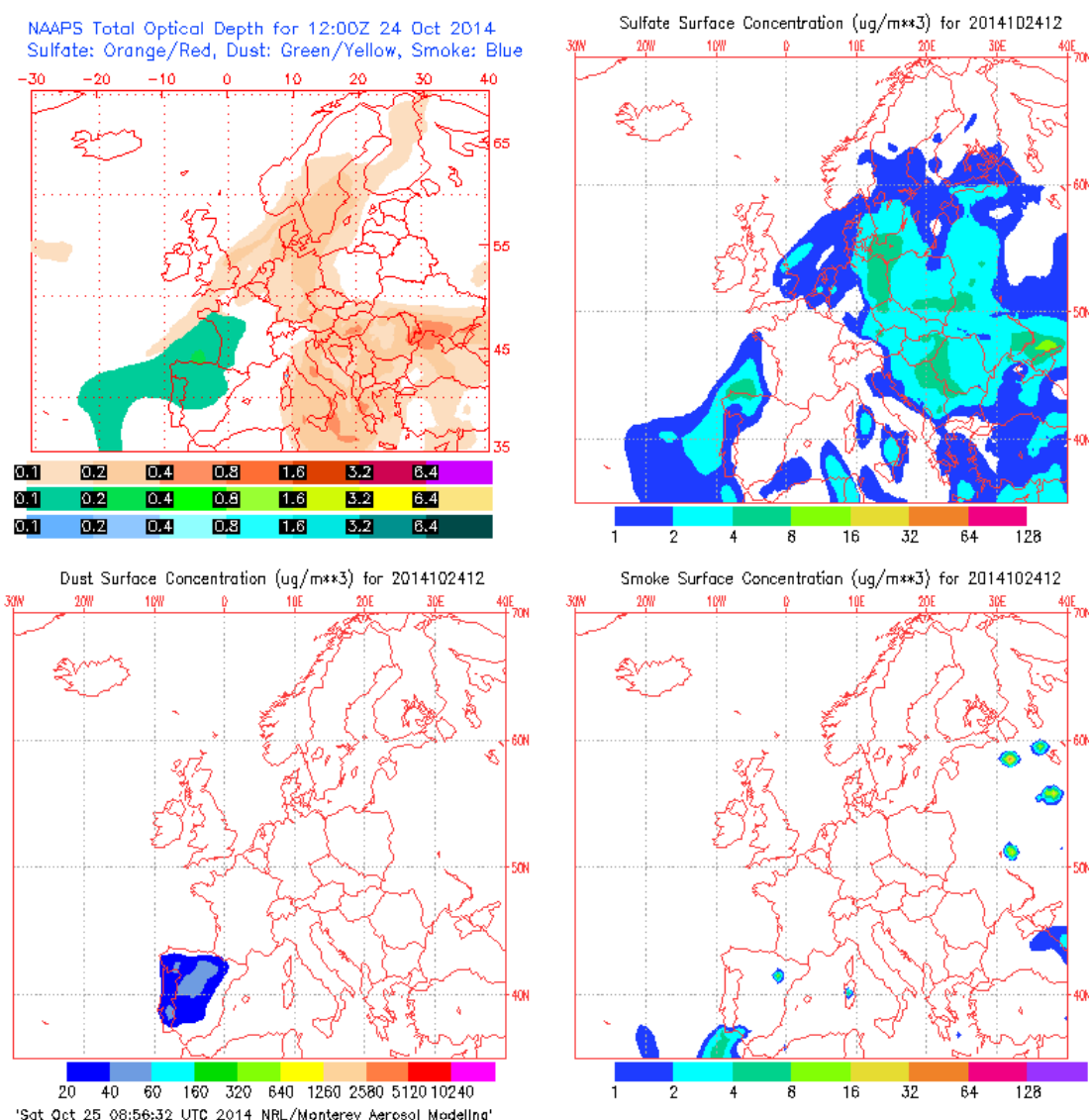


Gráfica 128. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOAA para el 23/10/2014.

24 DE OCTUBRE DE 2014

La concentración media diaria de PM₁₀ fue de 71 µg/m³ registrada con el analizador automático. Se obtuvieron máximas horarias de altura de las olas de 2.4 y 2.0 m en Punta Langosteira y Estaca de Bares respectivamente. Estos valores no llegan al umbral de aviso nivel amarillo. La altura media de las olas fue de 1.7 y 1.5 m. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 19.87 km/h, lo cual se corresponde con un viento débil.

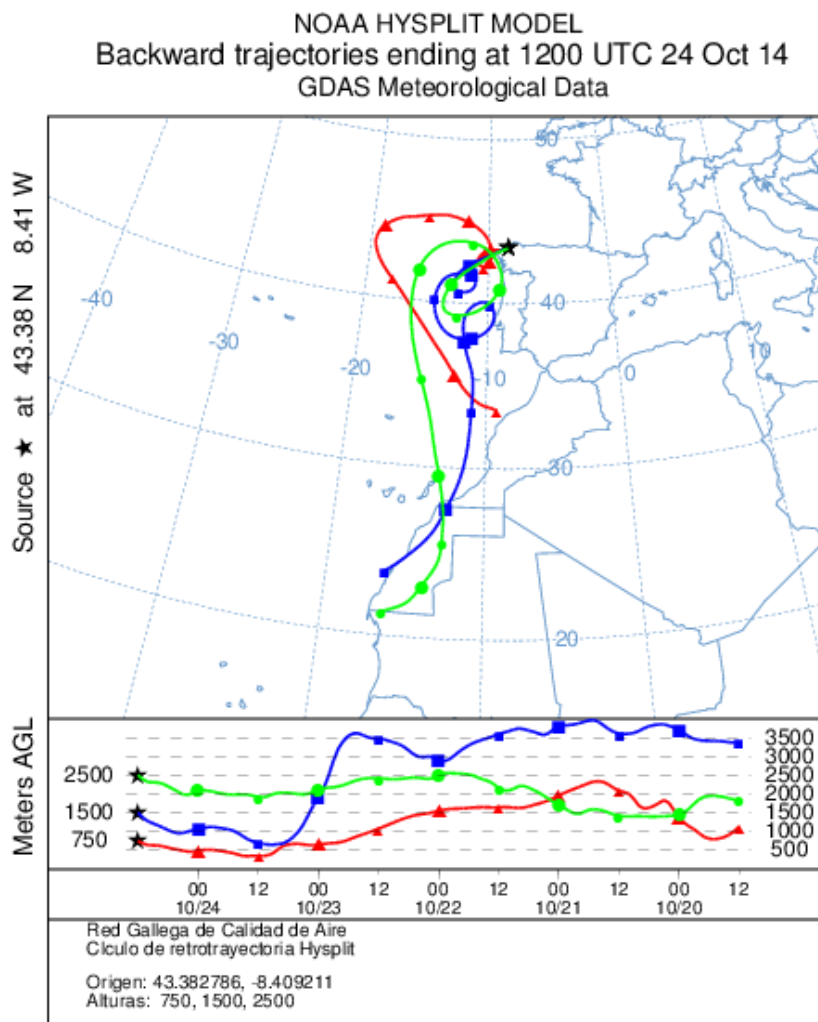
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 129 muestra concentraciones bajas de sulfato en superficie, entre 2-6 µg/m³. No se han identificado episodios de quema de biomasa pero sí una intrusión de polvo sahariano.



Gráfica 129. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 24/10/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 130 muestra que las masas de aire proceden del norte de África.



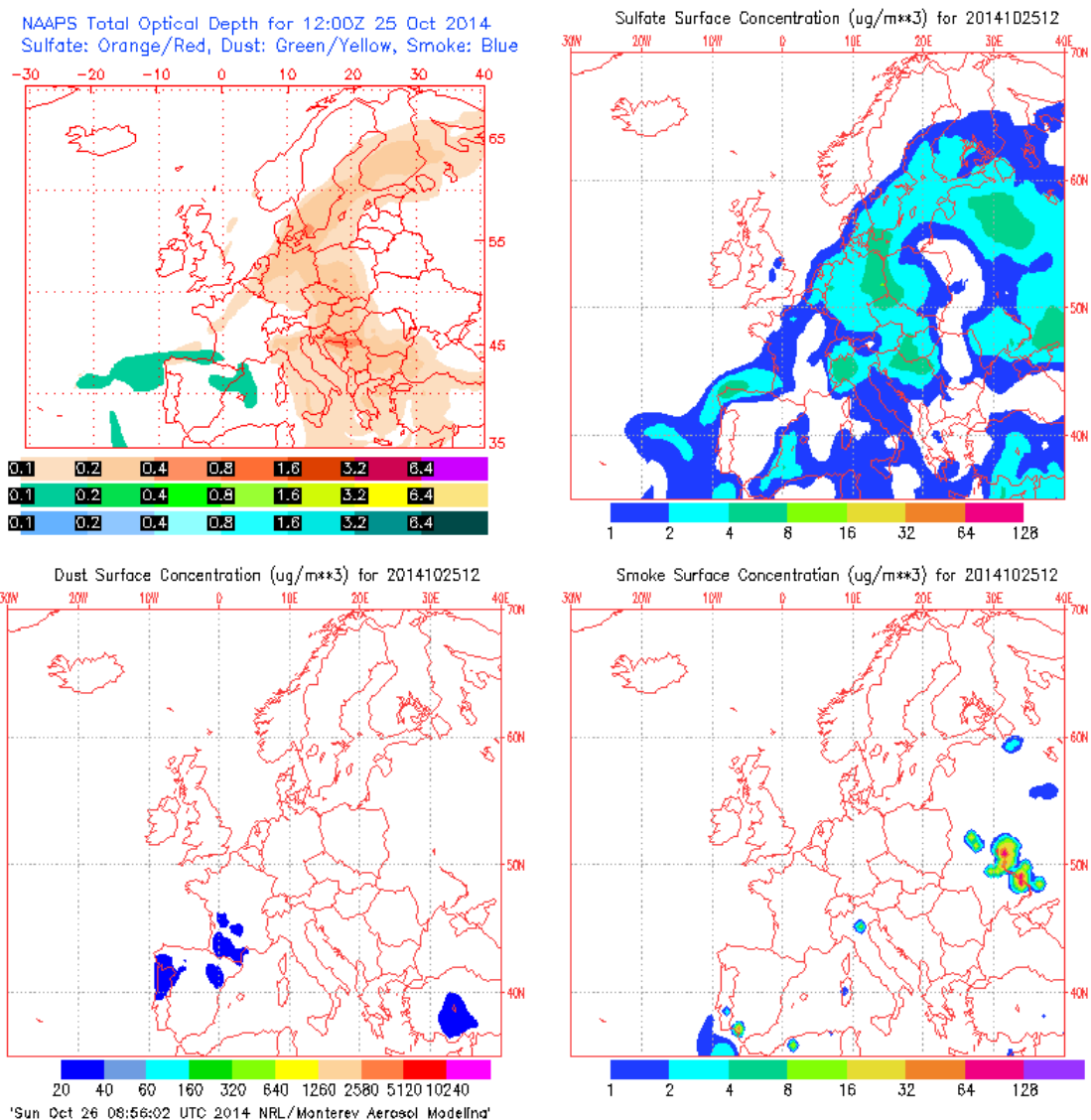
Gráfica 130. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 24/10/2014.



25 DE OCTUBRE DE 2014

Se obtivo una concentración media diaria de PM₁₀ de 78 µg/m³ con el analizador automático. Hubo máximas horarias de altura de las olas de 3.6 y 3.5 m en Punta Langosteira y Estaca de Bares respectivamente. Estos valores no llegan al umbral de aviso nivel amarillo. La altura media de las olas fue de 2.4 y 2.2 m. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 17.75 km/h, lo cual se corresponde con un viento débil.

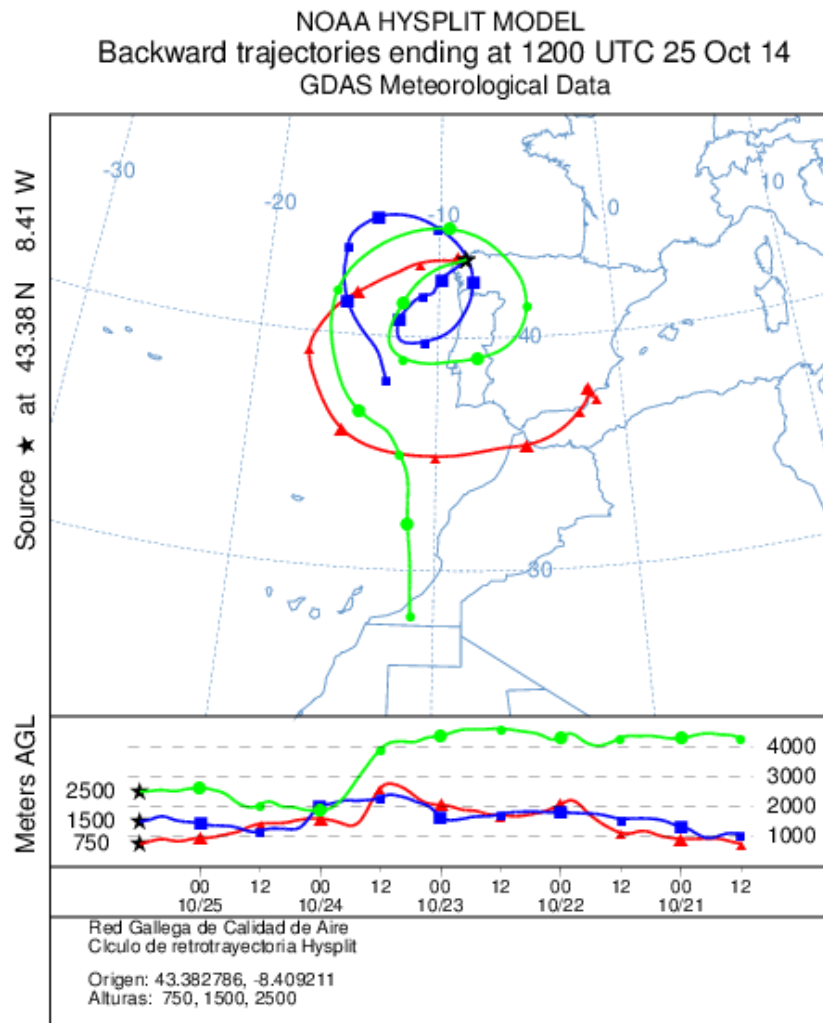
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 131 muestra concentraciones bajas de sulfato en superficie, entre 2-6 µg/m³. No se han identificado episodios de quema de biomasa pero sí una intrusión de polvo sahariano.



Gráfica 131. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 25/10/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 132 muestra que las masas de aire proceden de distintas zonas dependiendo de su altura, mientras que a las alturas de 750 m y 2500 m el aire proviene del norte de África, a 1500 m procede del Océano Atlántico.

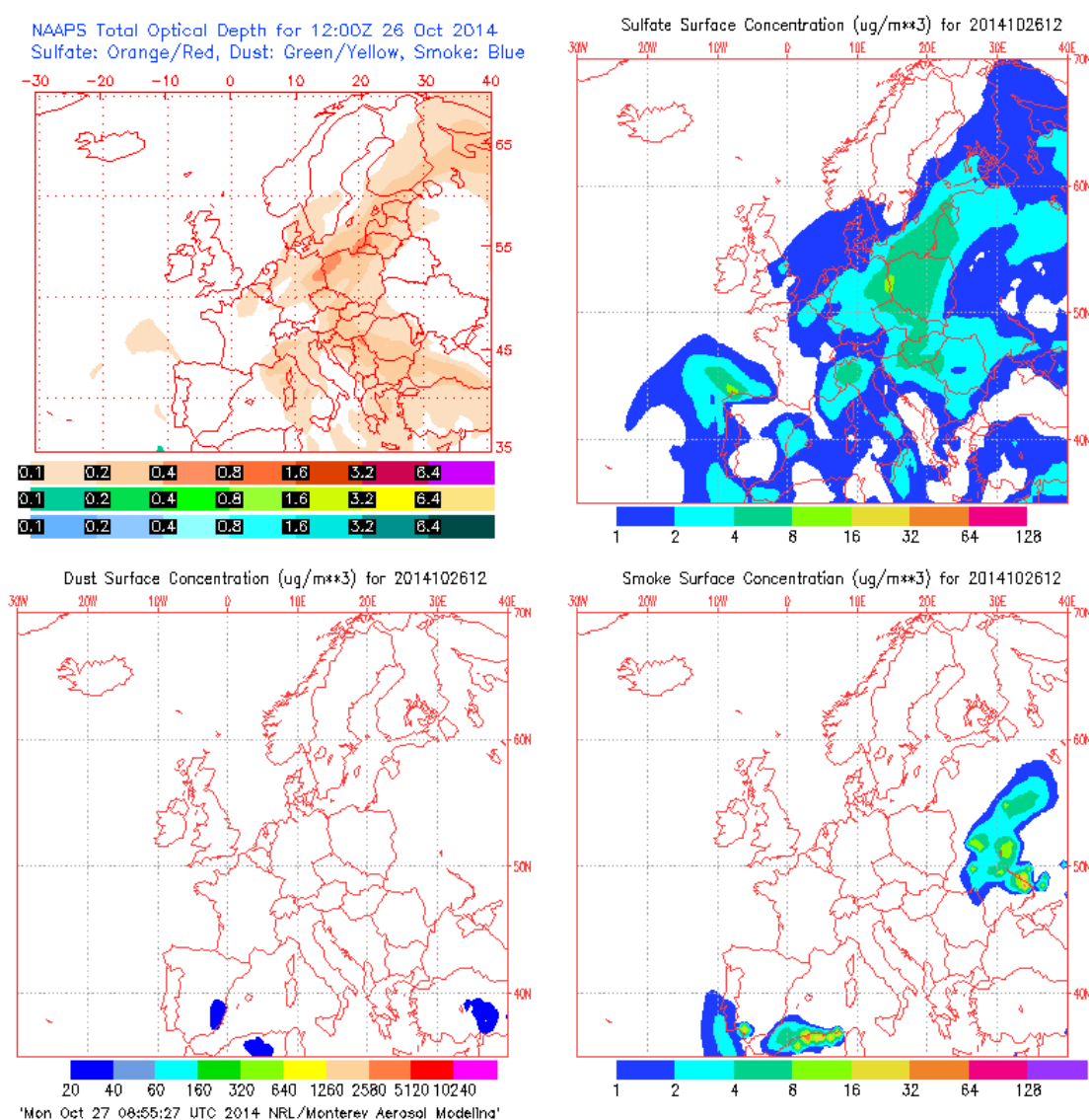


Gráfica 132. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 25/10/2014.

26 DE OCTUBRE DE 2014

La concentración de PM₁₀ fue de 63 µg/m³ con el analizador automático. Este día se registraron máximas horarias de altura de la ola 3.3 m en Estaca de Bares. Este valor no llega al umbral de aviso nivel amarillo. La altura media de las ola fue de 2.5 m. No hay datos de la boya de Punta Langosteira para esta fecha. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 22.46 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

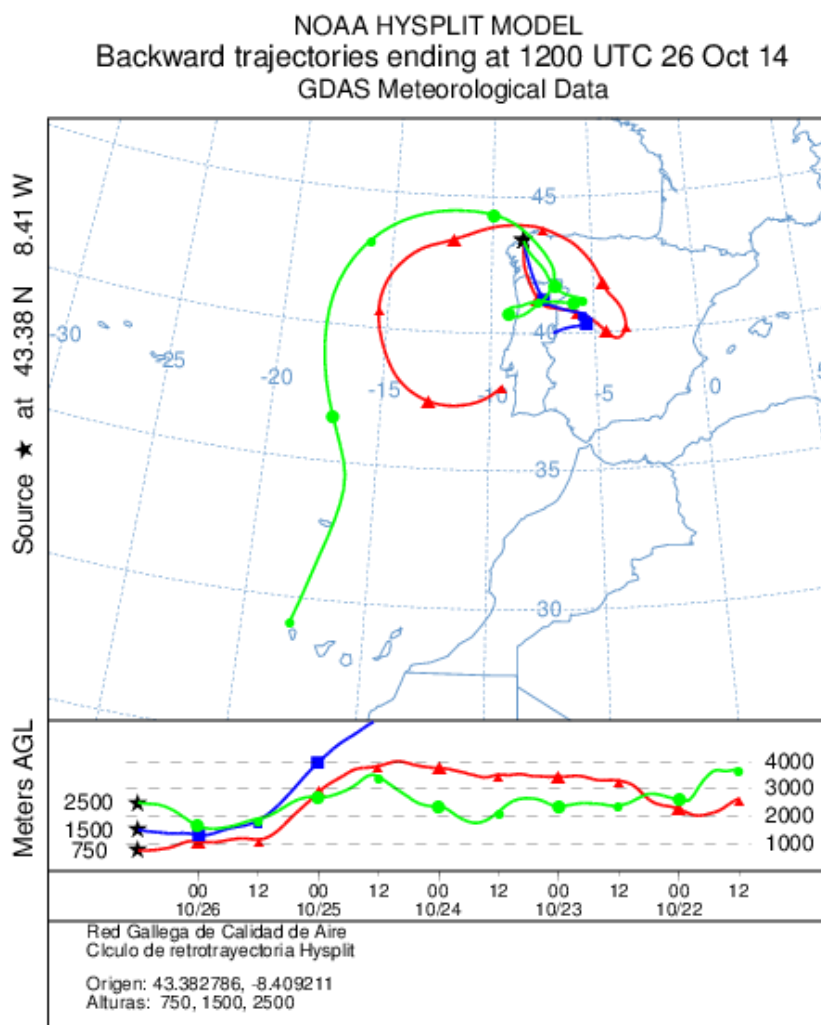
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 133 muestra concentraciones desde bajas a medias de sulfato en superficie, entre 2-16 µg/m³. No se han identificado episodios de quema de biomasa pero sí una intrusión de polvo sahariano.



Gráfica 133. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 26/10/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 134 muestra que las masas de aire proceden de zonas distintas dependiendo de su altura. A 2500 m y 750 m el aire procede del Océano Atlántico y a 1500 m, de la península Ibérica.

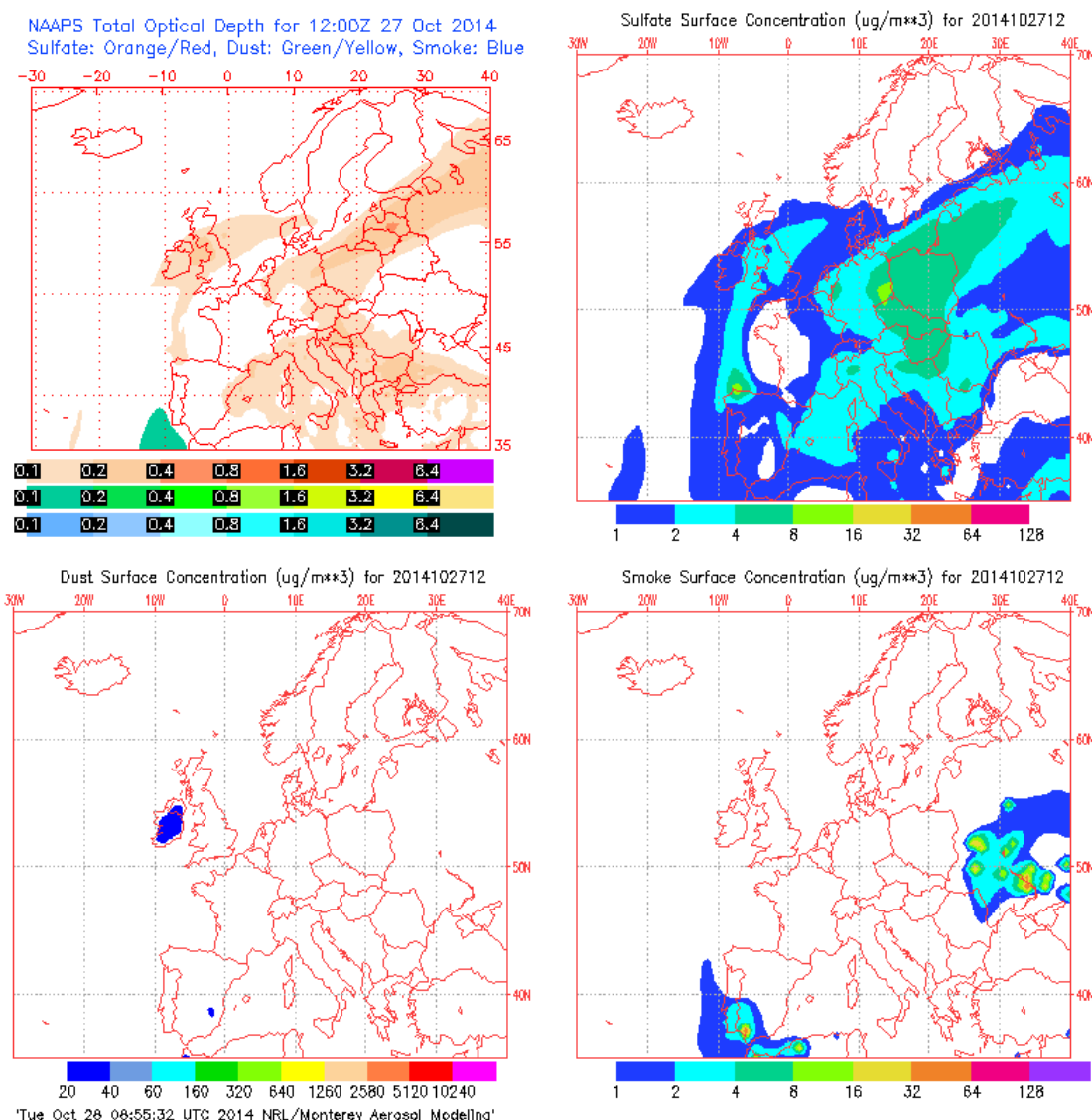


Gráfica 134. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 26/10/2014.

27 DE OCTUBRE DE 2014

Se obtivo una concentración medida diaria de PM₁₀ de 59 µg/m³ con el analizador automático. Se registraron máximas horarias de altura de la ola 3.6 m en Estaca de Bares. Este valor no llega al umbral de aviso nivel amarillo. La altura media de las ola fue de 2.9 m. No hay datos de la boya de Punta Langosteira para esta fecha. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 35.03 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

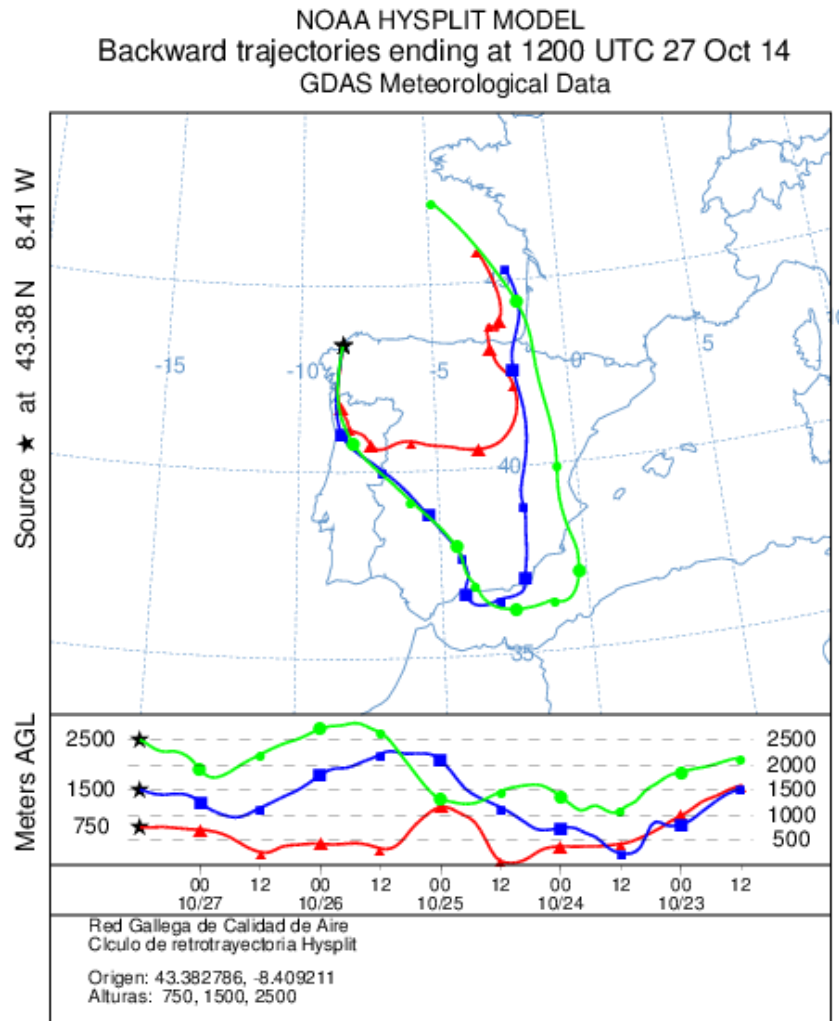
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 135 muestra concentraciones medias de sulfato en superficie, entre 2-16 µg/m³. No se han identificado episodios de quema de biomasa pero sí una intrusión de polvo sahariano.



Gráfica 135. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 27/10/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 136 muestra que las masas de aire proceden la península Ibérica.

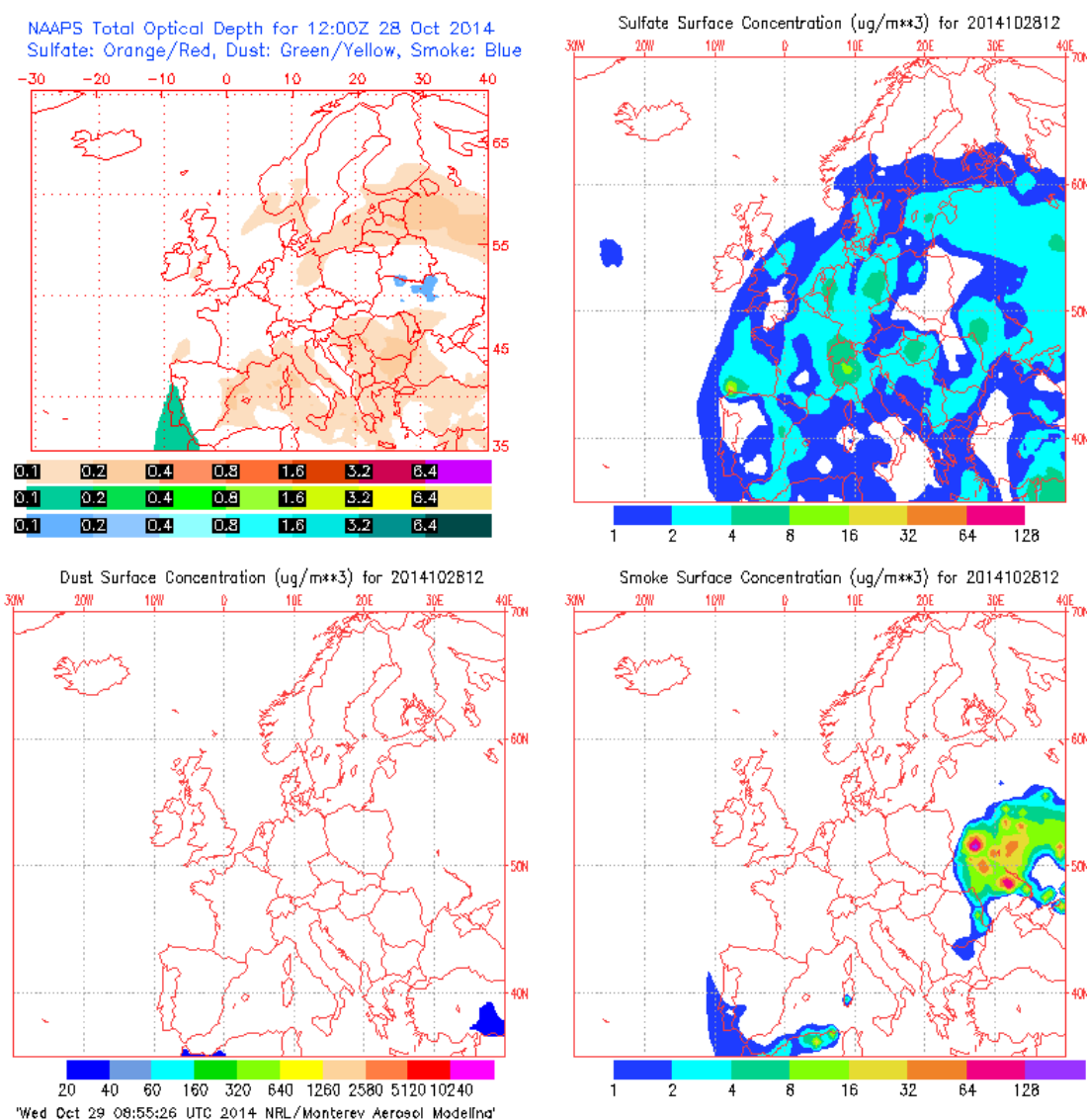


Gráfica 136. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 27/10/2014.

28 DE OCTUBRE DE 2014

el analizador automático registró una concentración media diaria de PM₁₀ de 65 µg/m³ con. Se obtuvieron máximas horarias de altura de las olas de 2.4 y 2.3 m en Punta Langosteira y Estaca de Bares respectivamente. Estos valores no llegan al umbral de aviso nivel amarillo. La altura media de las olas fue de 2.0 y 1.9 m. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 23.18 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

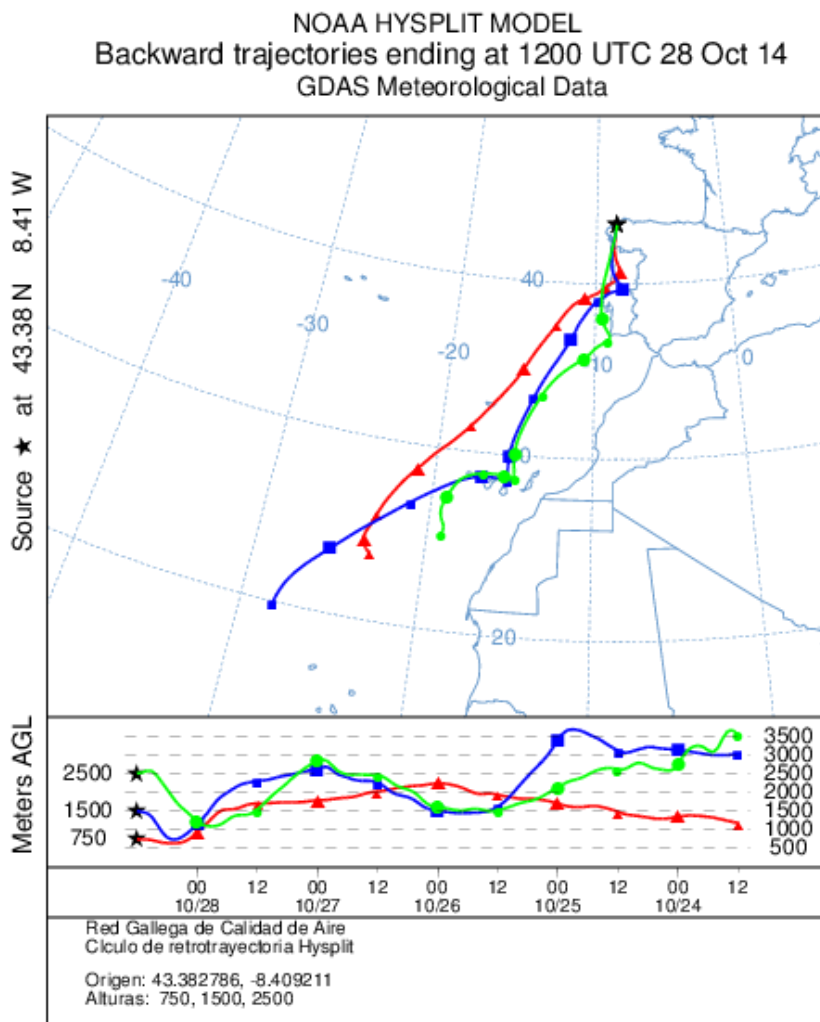
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 137 muestra concentraciones desde bajas a medias de sulfato en superficie, entre 1-16 µg/m³. No se han identificado episodios de quema de biomasa pero sí una intrusión de polvo sahariano.



Gráfica 137. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 28/10/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 138 muestra que las masas de aire proceden del Océano Atlántico.



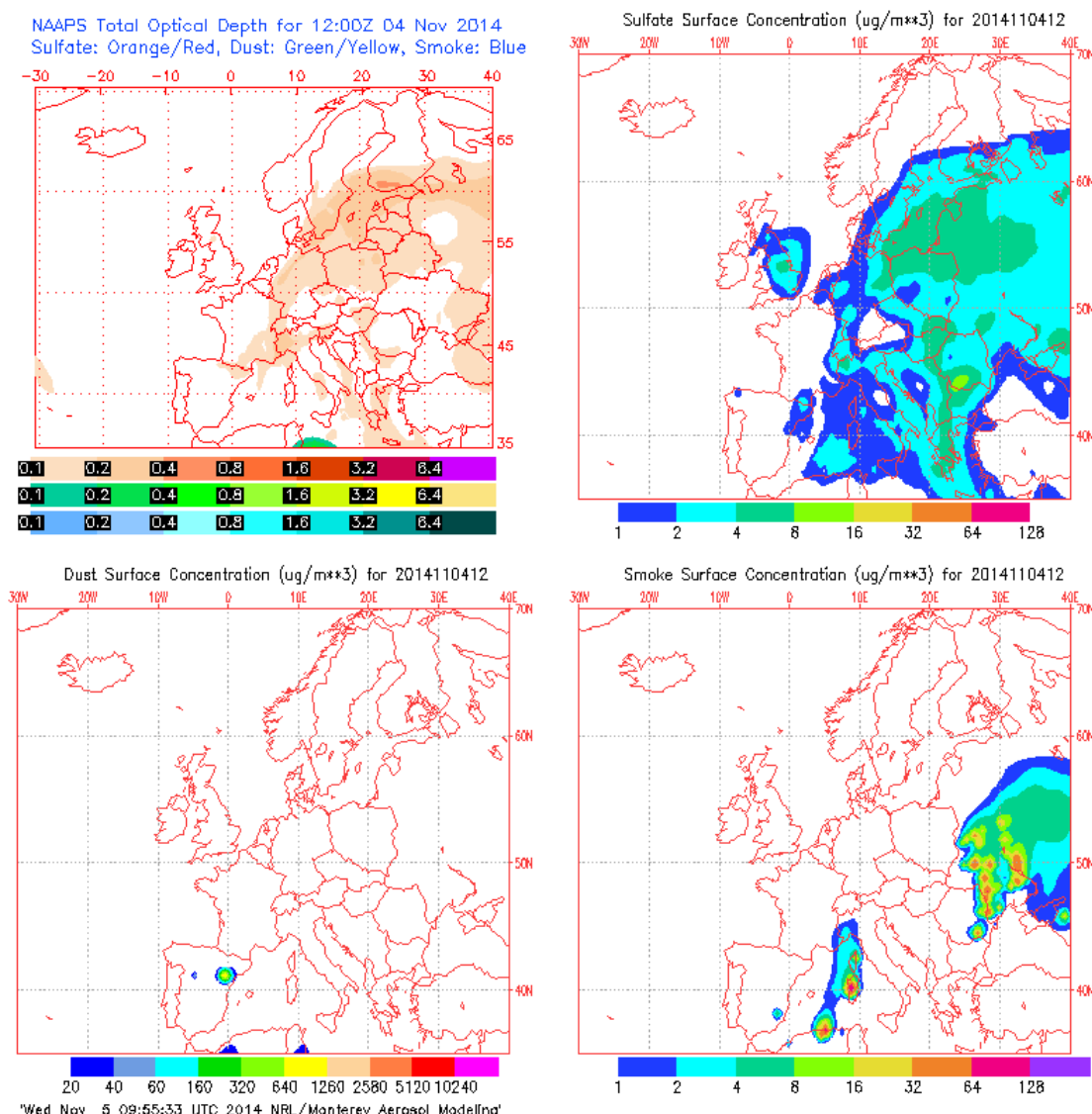
Gráfica 138. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 28/10/2014.



4 DE NOVIEMBRE DE 2014

La concentración media diaria registrada con el analizador automático de PM₁₀ fue de 52 µg/m³. Hubo máximas horarias de altura de la ola de 5.3 m en Estaca de Bares. Este valor corresponde con un aviso nivel naranja. La altura media de la ola fue de 4.5 m. No se dispone para esta fecha de datos en la boya de Punta Langosteira. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 65.27 km/h, lo cual se corresponde con un viento fuerte.

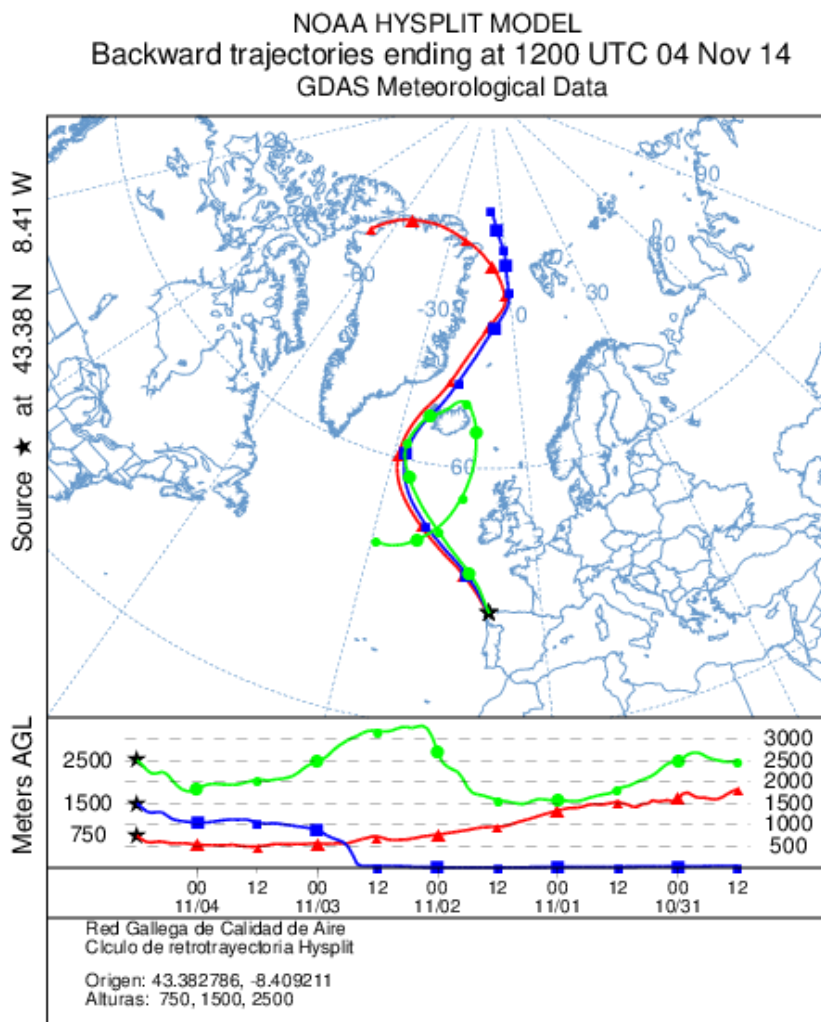
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 139 no muestra concentraciones de sulfato en superficie. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 139. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 04/11/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 140 muestra que las masas provienen del norte del Océano Atlántico.



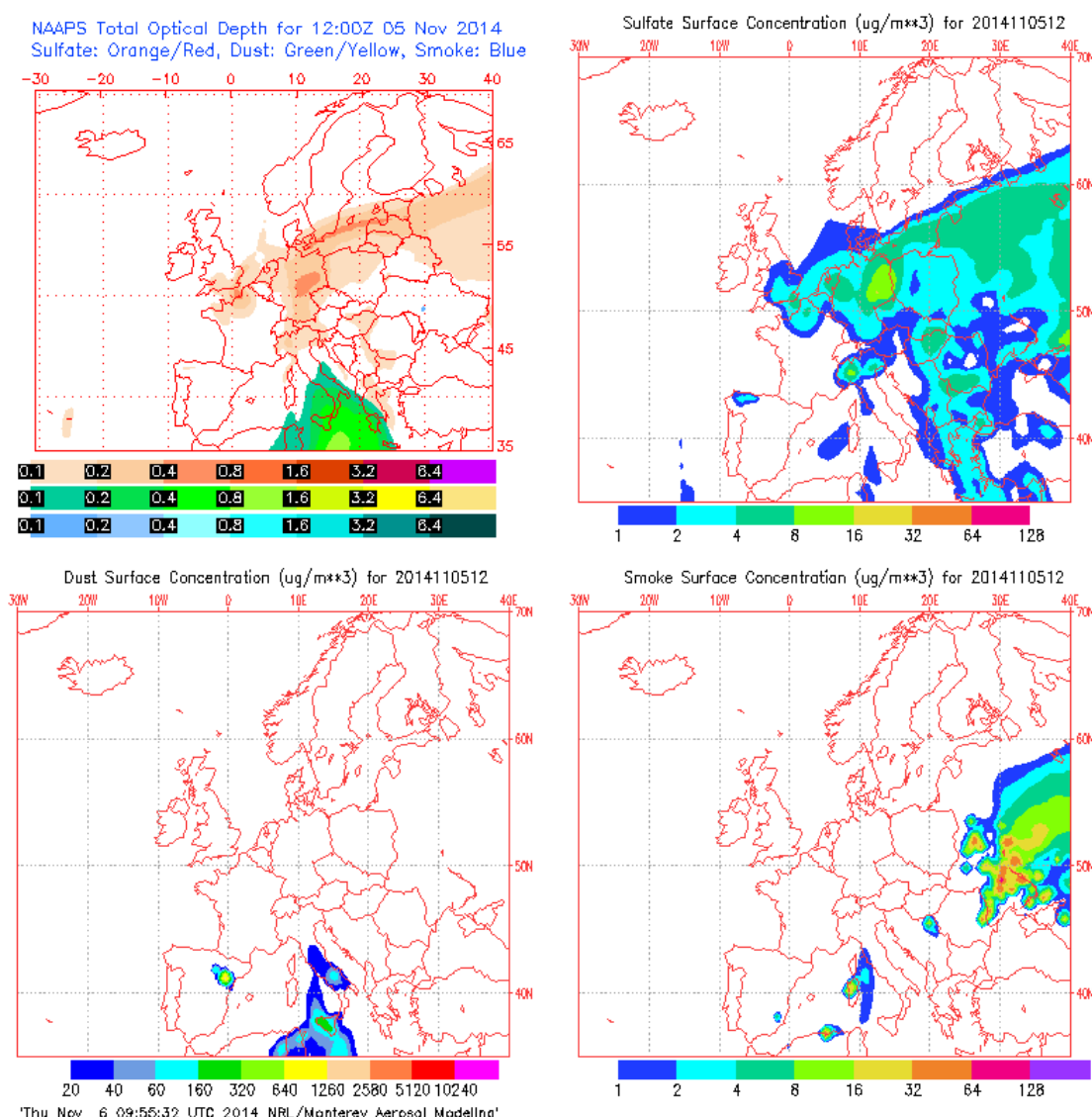
Gráfica 140. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 04/11/2014.



5 DE NOVIEMBRE DE 2014

La concentración media diaria de PM₁₀ obtenida con el analizador automático fue de 55 µg/m³. Se registraron máximas horarias de altura de la ola de 4.3 m en Estaca de Bares. Este valor corresponde con un aviso nivel amarillo. La altura media de la ola fue de 3.4 m. No hay datos de la boya de Punta Langosteira para esta fecha. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 68.54 km/h, lo cual se corresponde con un viento fuerte.

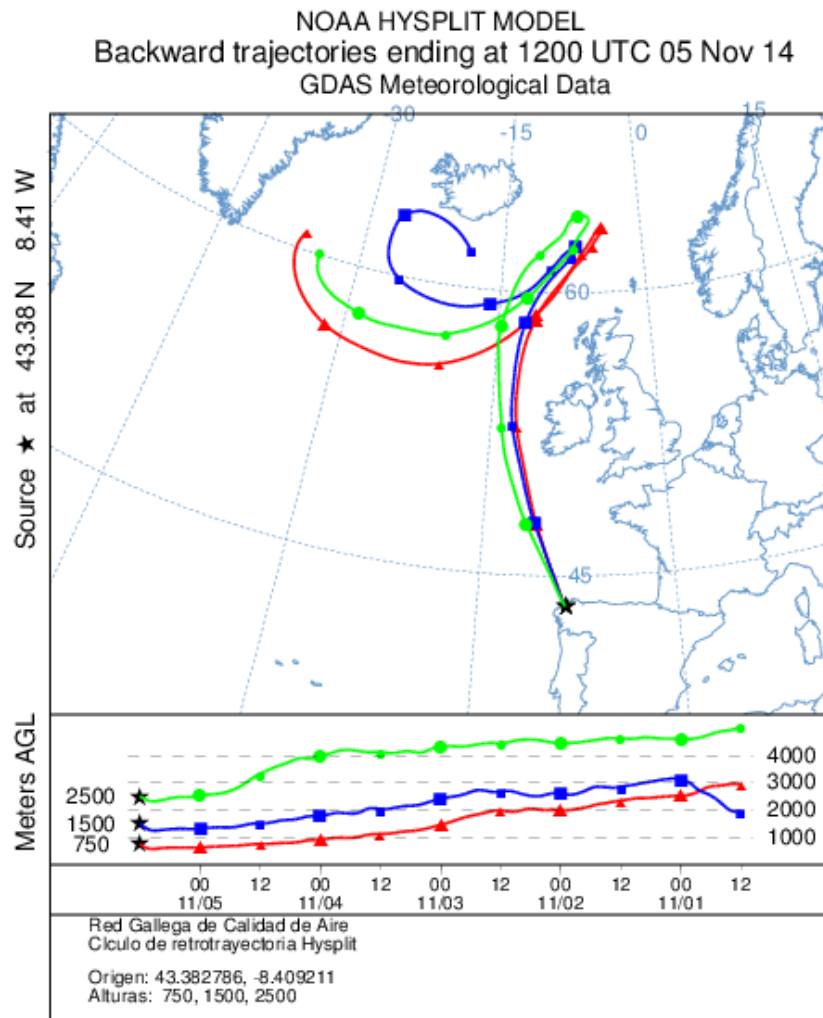
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 141 muestra concentraciones bajas de sulfato en superficie, 1-2 µg/m³. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 141. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 05/11/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 142 muestra que las masas provienen del norte del Océano Atlántico.



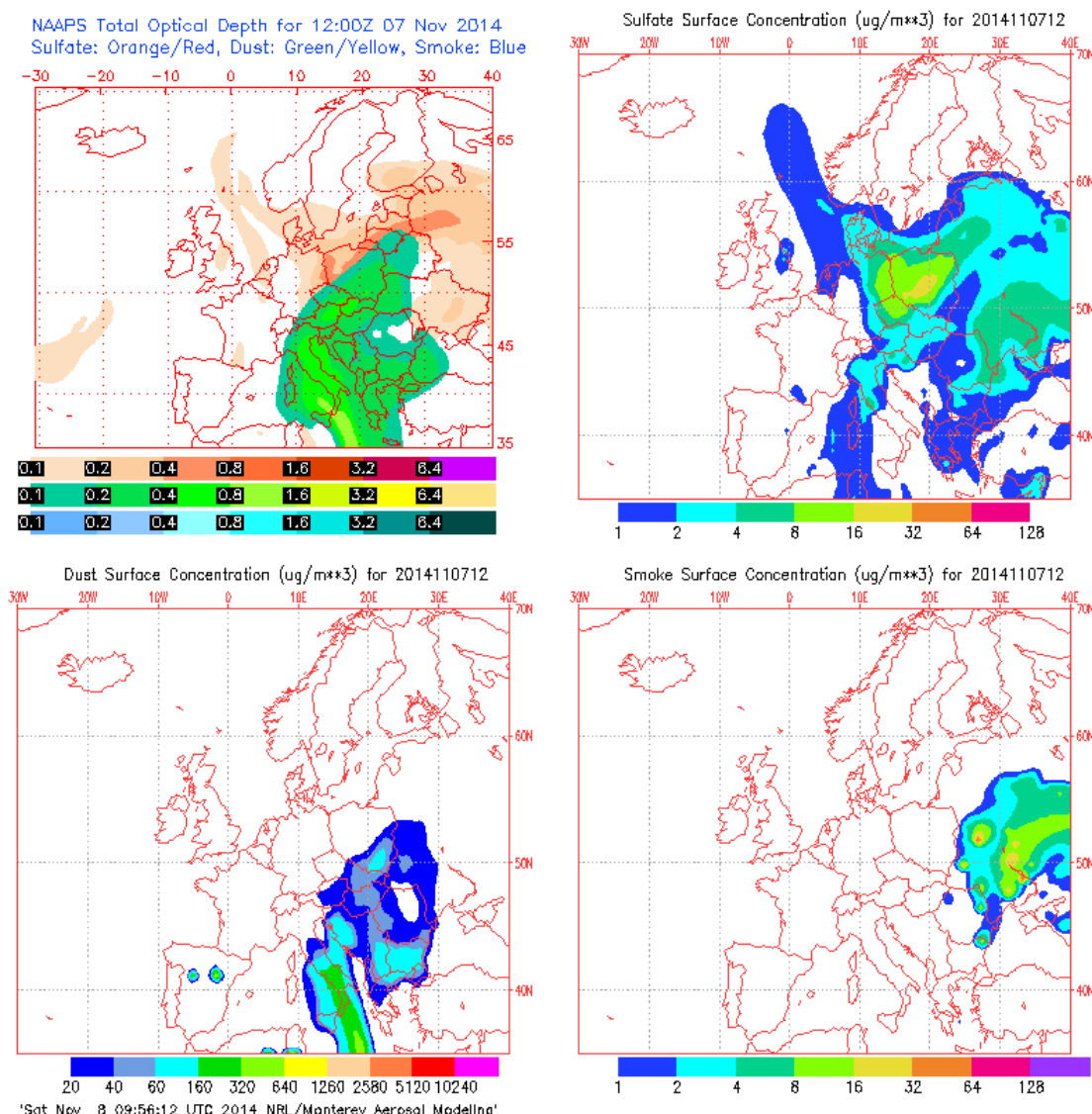
Gráfica 142. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 05/11/2014.



7 DE NOVIEMBRE DE 2014

El analizador automático obtuvo una concentración media diaria de PM₁₀ de 51 µg/m³ con. Se obtuvieron máximas horarias de altura de la ola de 4.3 m en Estaca de Bares respectivamente. Este valor corresponde con un aviso nivel amarillo. La altura media de la ola fue de 3.9 m. No hay datos de la boya de Punta Langosteira para esta fecha. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 55.98 km/h, lo cual se corresponde con un viento fuerte.

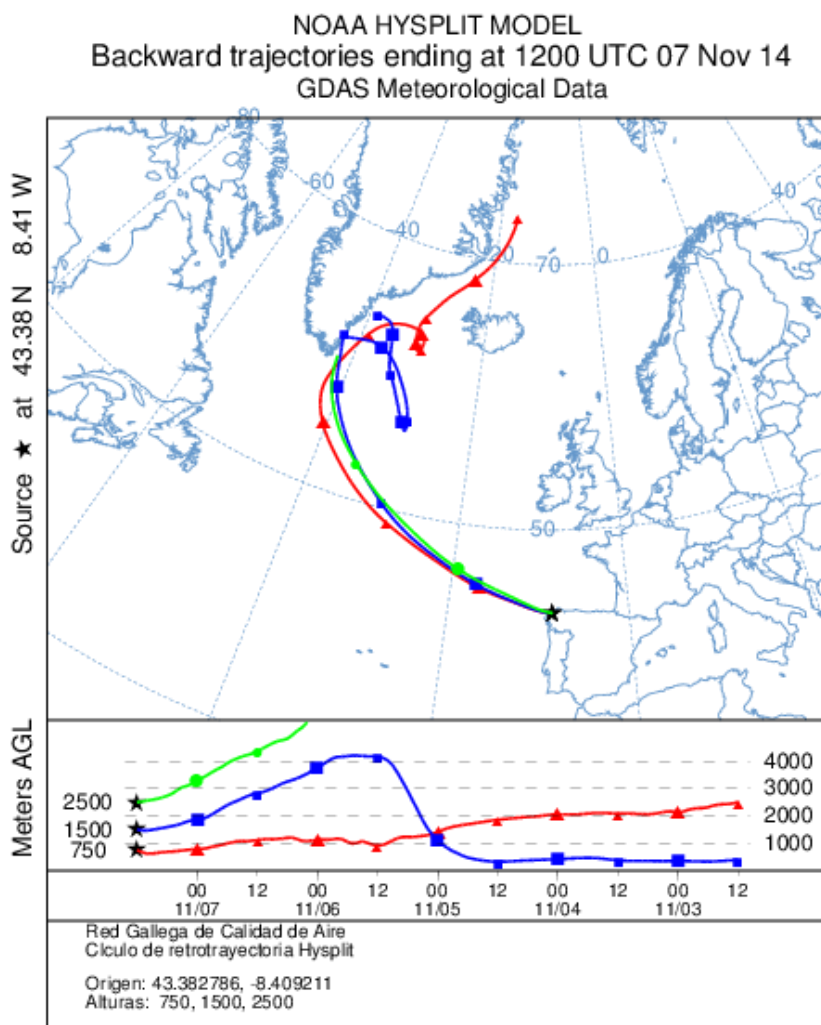
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 143 no muestra concentraciones de sulfato en superficie. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 143. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 07/11/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 144 muestra que las masas provienen del norte del Océano Atlántico.



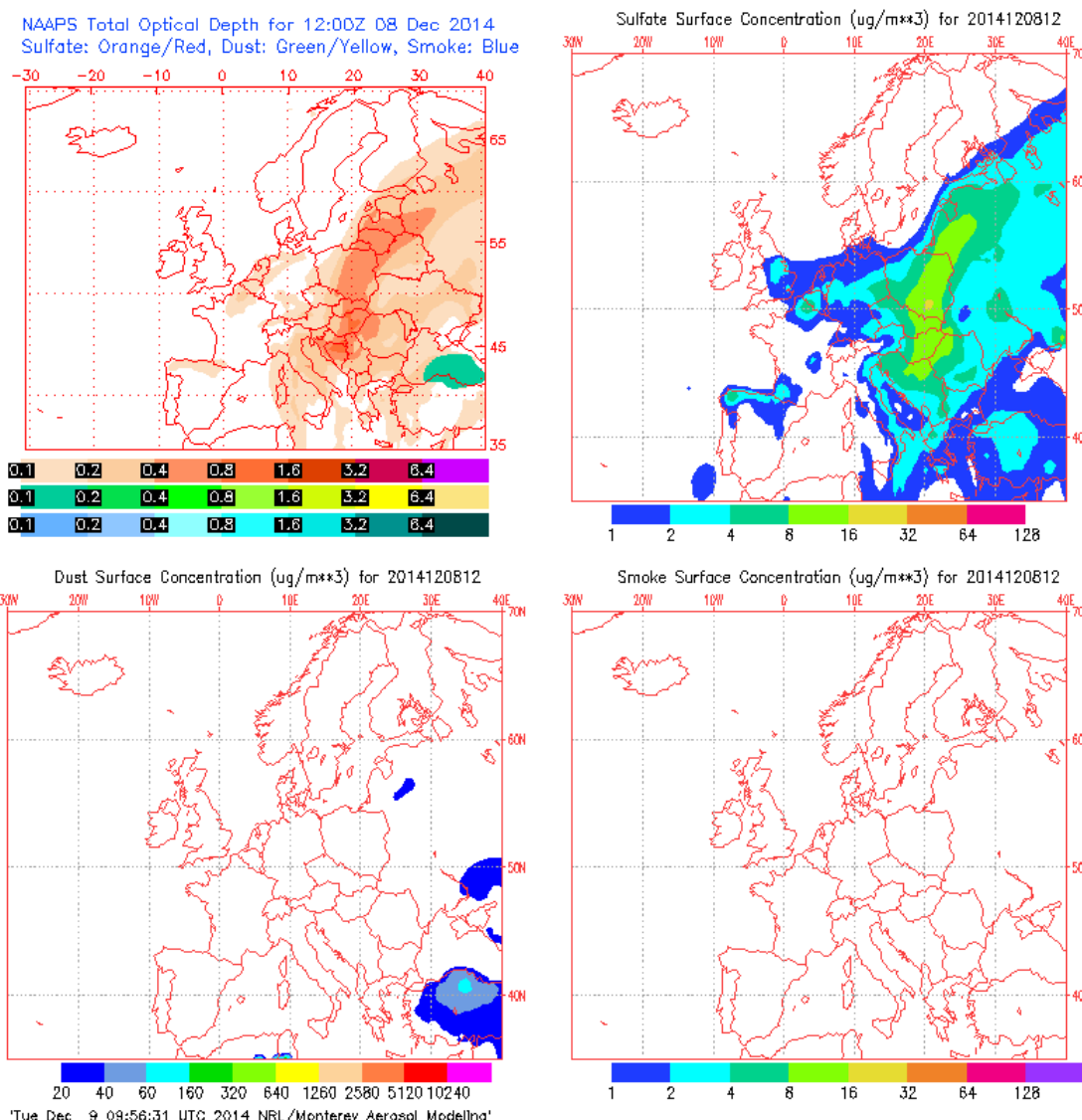
Gráfica 144. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 07/11/2014.



8 DE DICIEMBRE DE 2014

La concentración media diaria de PM₁₀ fue de 57 µg/m³ obtenida con el analizador gravimétrico y de 53 µg/m³ con el automático, por lo que con ambos métodos de medida se registraron superaciones del VLd. La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 10,83 µg/m³, lo cual quiere decir que el porcentaje de sal marina en la composición de la fracción PM₁₀ de la materia particulada fue del 62,1%. Este día se registraron máximas horarias de altura de las olas de 4.6 m y 4.5 m en las boyas de Punta Langosteira y Estaca de Bares, lo cual se corresponde con aviso de nivel amarillo. La altura media de las olas fue de 3.4 y 3.5 m, respectivamente. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 42.6 km/h, lo cual se corresponde con un viento fuerte.

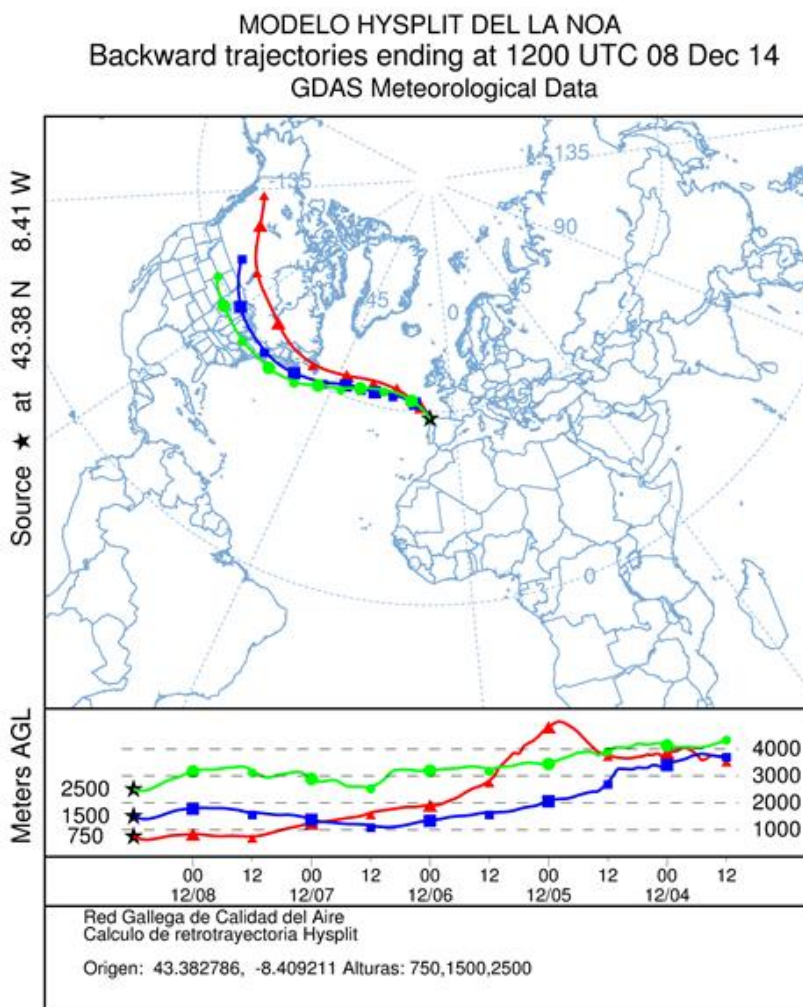
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 145 muestra bajas concentraciones de sulfato en superficie, entre 1-4 µg/m³. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 145. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 08/12/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 146 muestra que las masas de aire proceden del transporte a largas distancias desde el norte del continente americano y de zonas limpias como el Océano Atlántico.



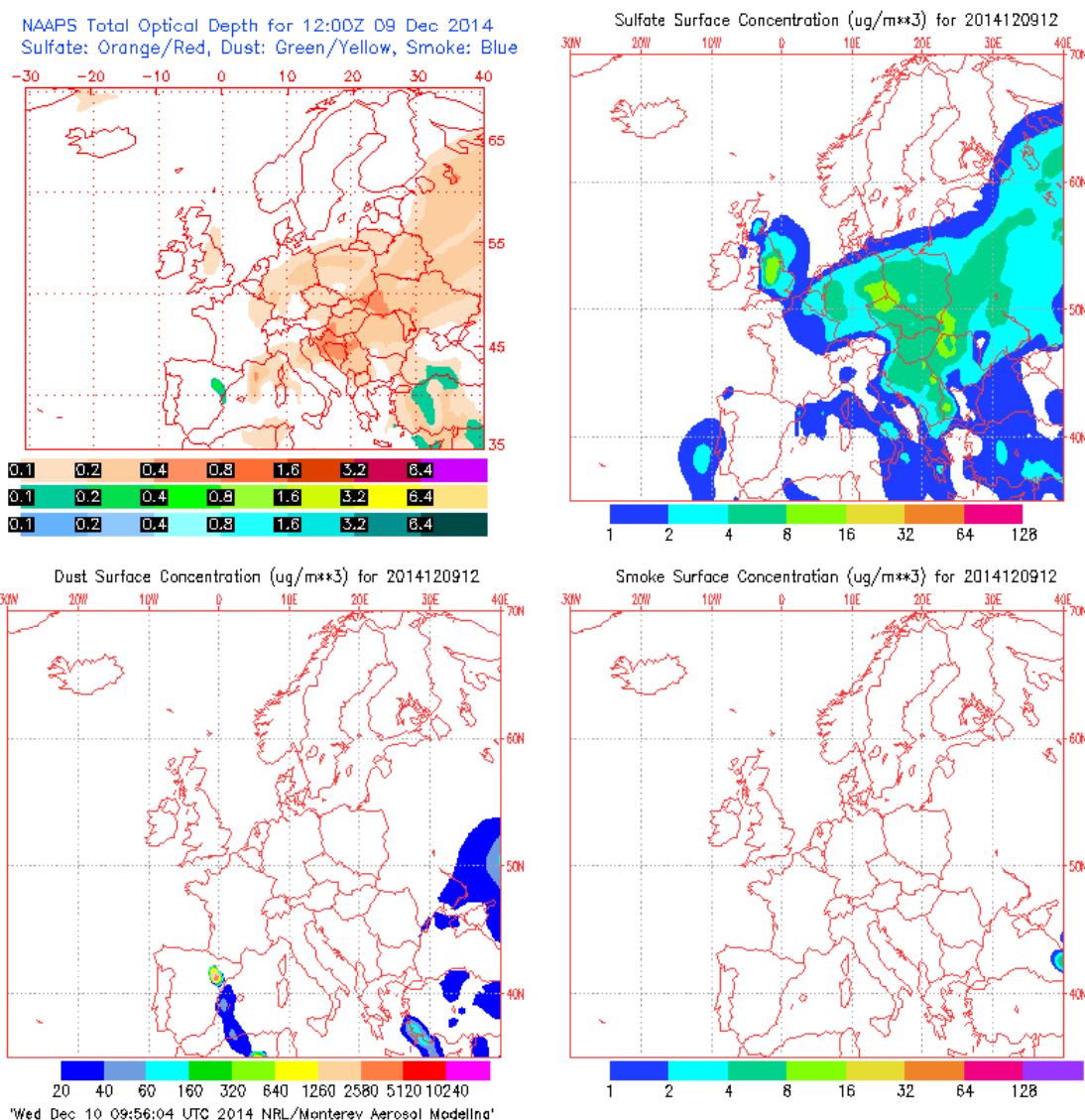
Gráfica 146. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 08/12/2014.



9 DE DICIEMBRE DE 2014

La concentración media diaria de PM₁₀ fue de 39 µg/m³ medida con el analizador gravimétrico y de 57 µg/m³ con el automático, así que únicamente el analizador automático registró una superación del VLd. La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 5.54 µg/m³, lo cual quiere decir que el porcentaje de sal marina en la composición de la fracción PM₁₀ de la materia particulada fue del 46.4%. Este día se registraron máximas horarias de altura de las olas de 4.4 m y 4.69 m en las boyas de Punta Langosteira y Estaca de Bares, lo cual se corresponde con aviso de nivel amarilla. La altura media de las olas fue de 3.3 y 3.5 m, respectivamente. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 28.5 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 147 muestra bajas concentraciones de sulfato en superficie, entre 1-2 µg/m³. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano

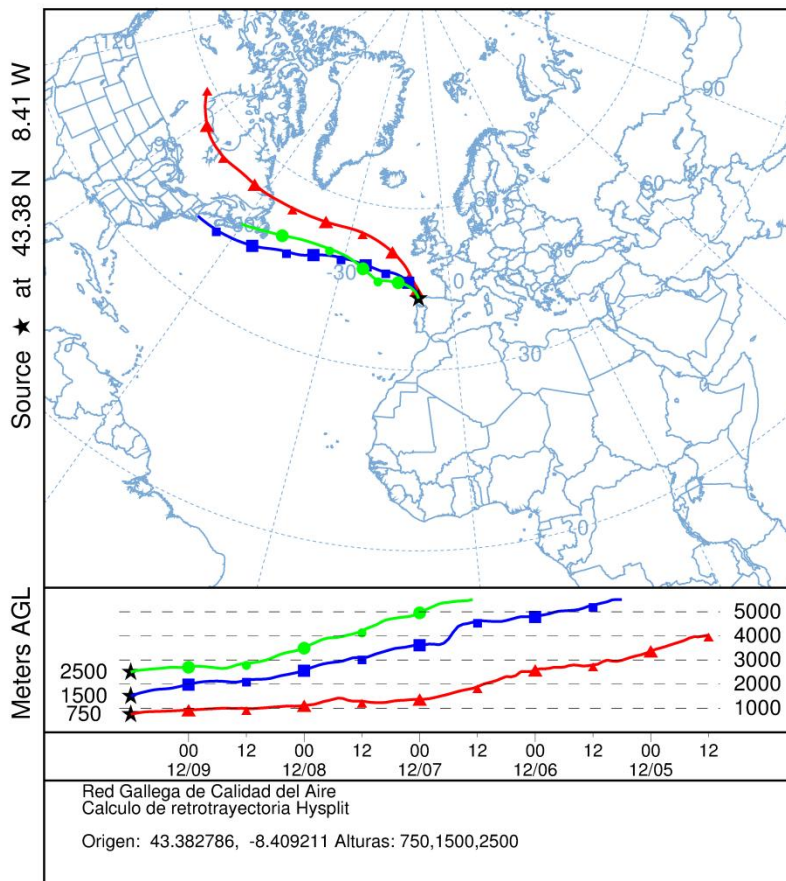


Gráfica 147. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 09/12/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 148 muestra que las masas de aire proceden del transporte a largas distancias desde el norte del continente americano.

MODELO HYSPLIT DEL LA NOA
Backward trajectories ending at 1200 UTC 09 Dec 14
GDAS Meteorological Data



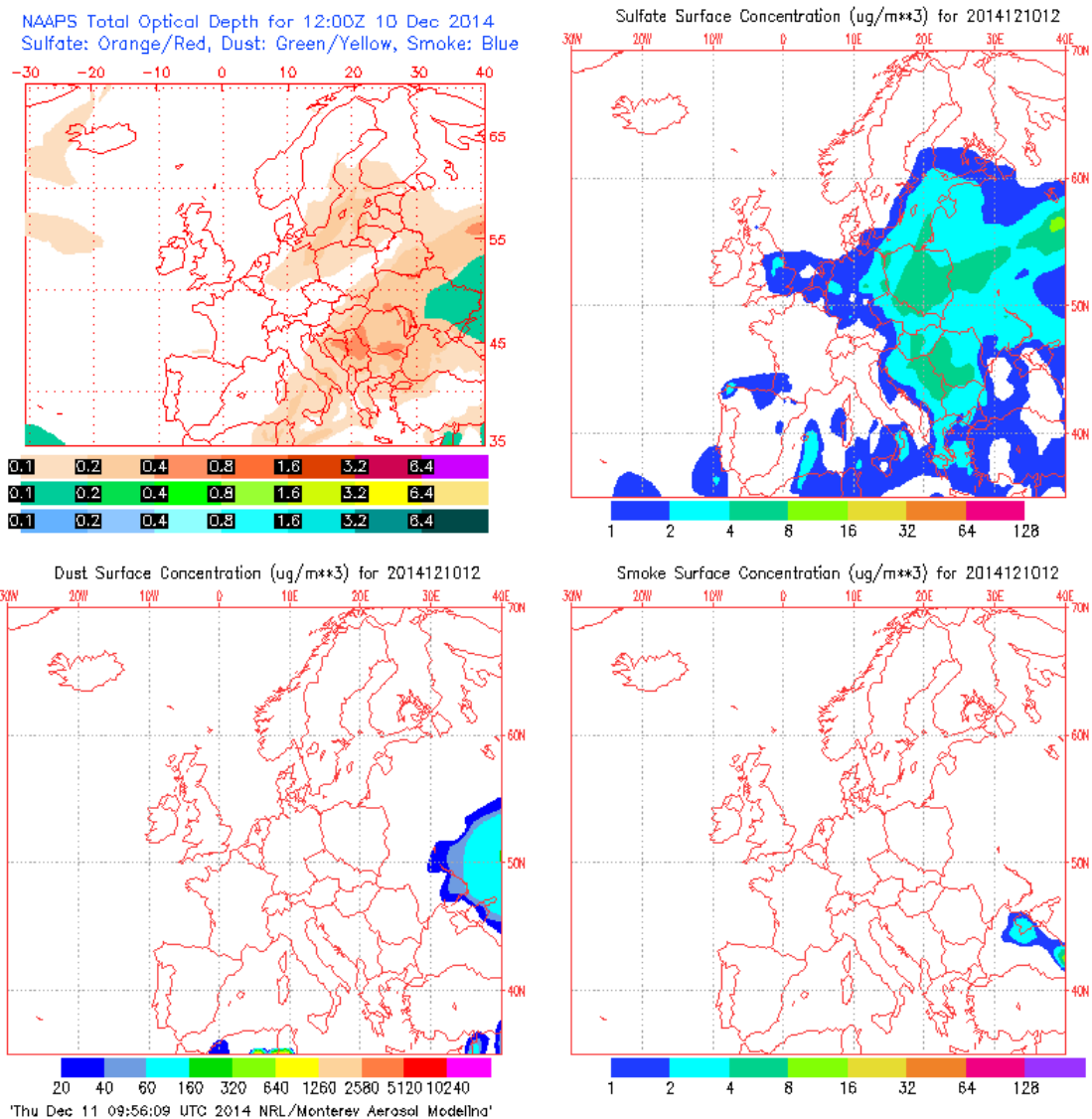
Gráfica 148. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 09/12/2014.



10 DE DICIEMBRE DE 2014

La concentración media diaria de PM₁₀ fue de 91 µg/m³ medida con el analizador gravimétrico y de 36 µg/m³ con el automático, por lo que con ambos métodos de medida se registraron superaciones del VLd. Hay que resaltar que la diferencia entre ambos resultados es muy importante. La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 18,24 µg/m³, lo cual quiere decir que el porcentaje de sal marina en la composición de la fracción PM₁₀ de la materia particulada fue del 65.5%. Este día se registraron máximas horarias de altura de las olas de 6.2 m y 5.5 m en las boyas de Punta Langosteira y Estaca de Bares, lo cual se corresponde con aviso de nivel naranja. La altura media de las olas fue de 2.7 y 2.9 m, respectivamente. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 34.1 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

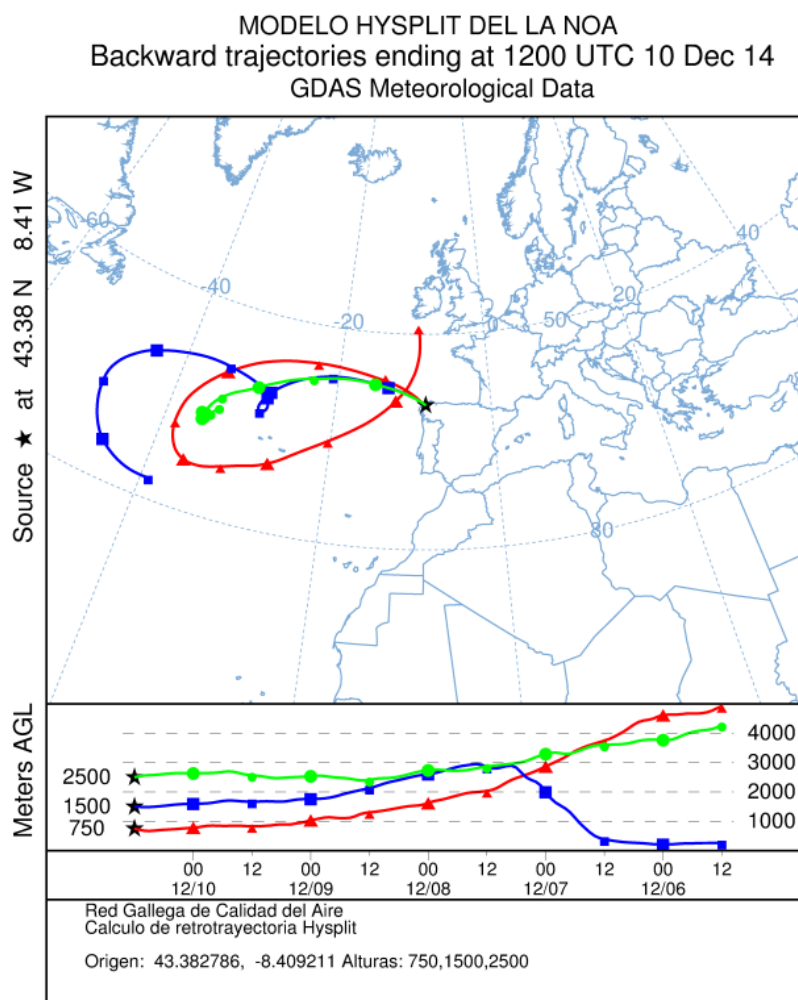
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 149 muestra bajas concentraciones de sulfato en superficie, entre 1-4 µg/m³. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 149. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 10/12/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 150 muestra que las masas de aire proceden de zonas limpias como el Océano Atlántico.



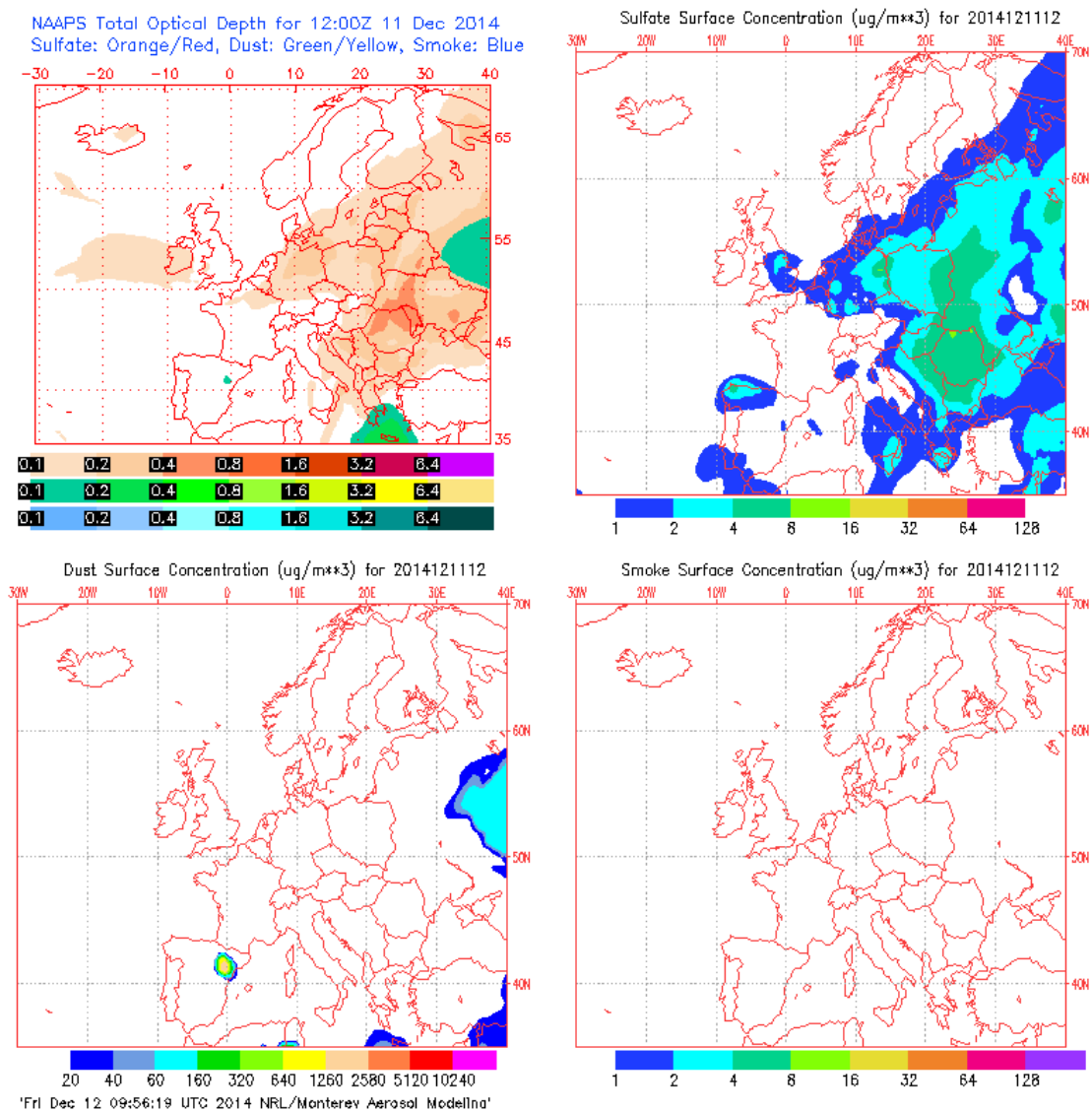
Gráfica 150. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 10/12/2014.



11 DE DICIEMBRE DE 2014

La concentración medida diaria de PM₁₀ fue de 72 µg/m³ obtenida con el analizador gravimétrico y de 124 µg/m³ con el automático, por lo que con ambos métodos de medida se registraron superaciones del VLd. Hay que resaltar que la diferencia entre ambos resultados es muy importante. La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 43.87 µg/m³, lo cual quiere decir que el porcentaje de sal marina en la composición de la fracción PM₁₀ de la materia particulada fue del 60.9%. Este día se registraron máximas horarias de altura de las olas de 9.2 m y 8.3 m en las boyas de Punta Langosteira y Estaca de Bares, lo cual se corresponde con aviso de nivel rojo. La altura media de las olas fue de 7.3 y 6.6 m, respectivamente. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 30.82 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

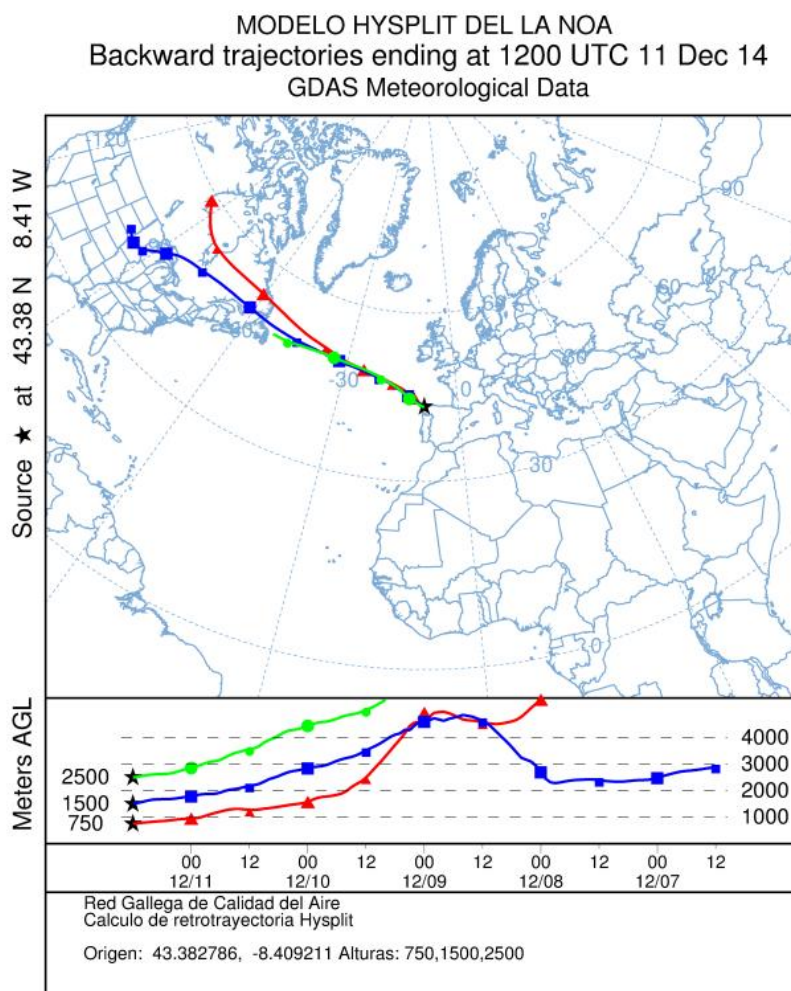
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 151 muestra bajas concentraciones de sulfato en superficie, entre 1-4 µg/m³. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 151. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 11/12/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 152 muestra que las masas de aire proceden del transporte a largas distancias desde el norte del continente americano y de zonas limpias como el Océano Atlántico.



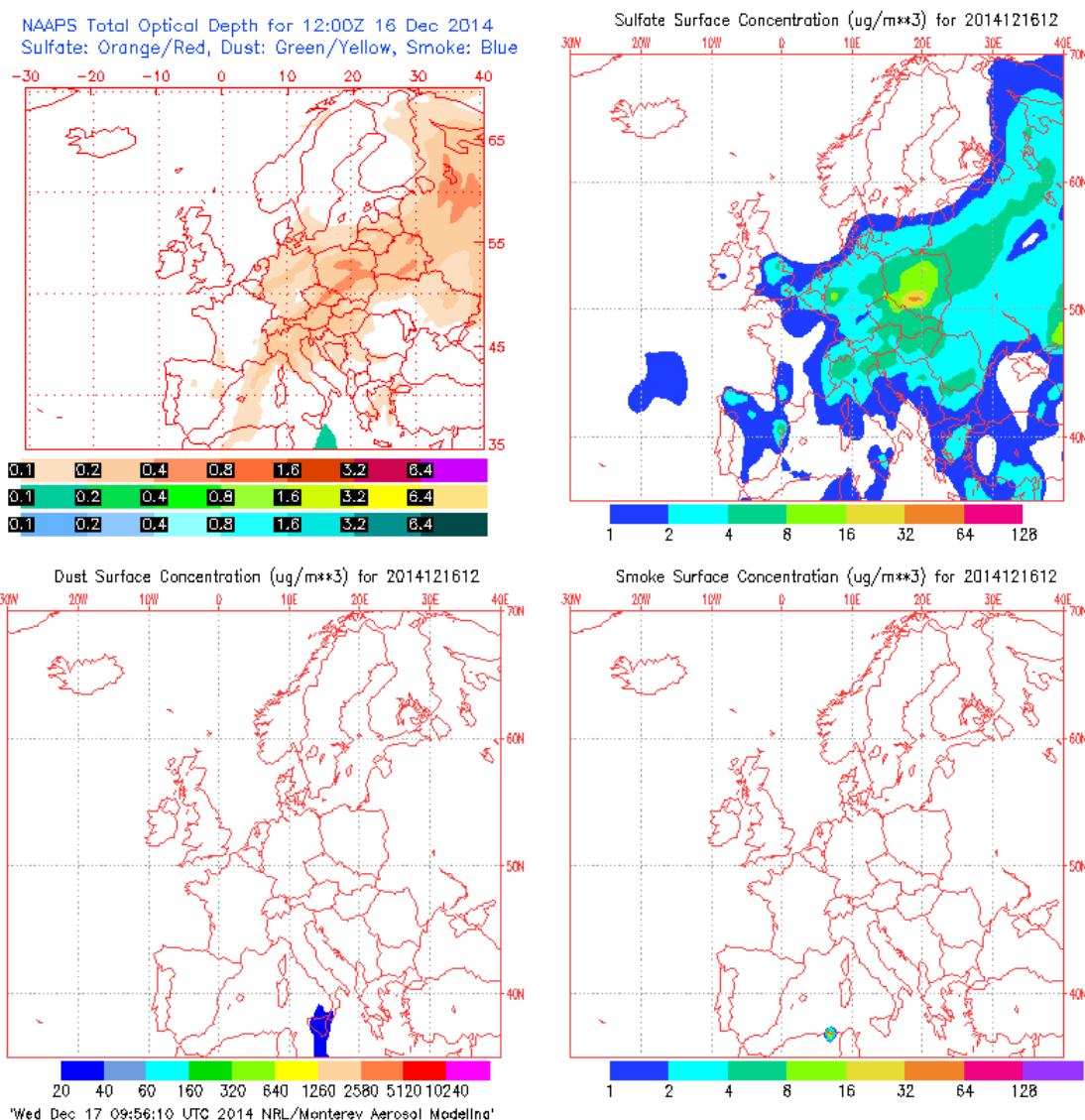
Gráfica 152. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 11/12/2014.



16 DE DICIEMBRE DE 2014

La concentración media diaria de PM₁₀ fue de 50 µg/m³ con el analizador gravimétrico y de 46 µg/m³ con el automático, no se registraron superaciones del VLd, pero como el analizador gravimétrico registró el valor límite, se analiza este episodio. La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 11.34 µg/m³, lo cual quiere decir que el porcentaje de sal marina en la composición de la fracción PM₁₀ de la materia particulada fue del 74.1%. Se registraron máximas horarias de altura de las olas de 4.7 m en ambas boyas, Punta Langosteira y Estaca de Bares, lo cual se corresponde con aviso de nivel amarillo. La altura media de las olas fue de 3.6 y 3.7 m, respectivamente. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 45.29 km/h, que se corresponde con un viento fuerte.

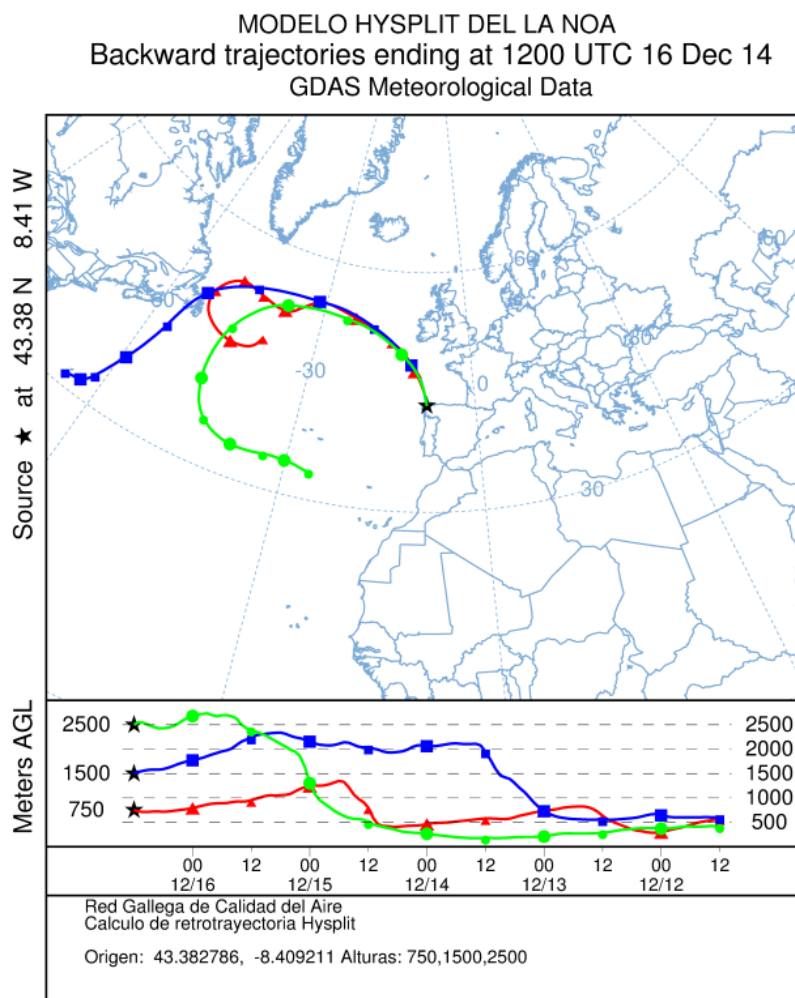
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 153 muestra bajas concentraciones de sulfato en superficie, entre 1-2 µg/m³. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 153. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 16/12/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 154 muestra que las masas de aire proceden de zonas limpias como el Océano Atlántico.



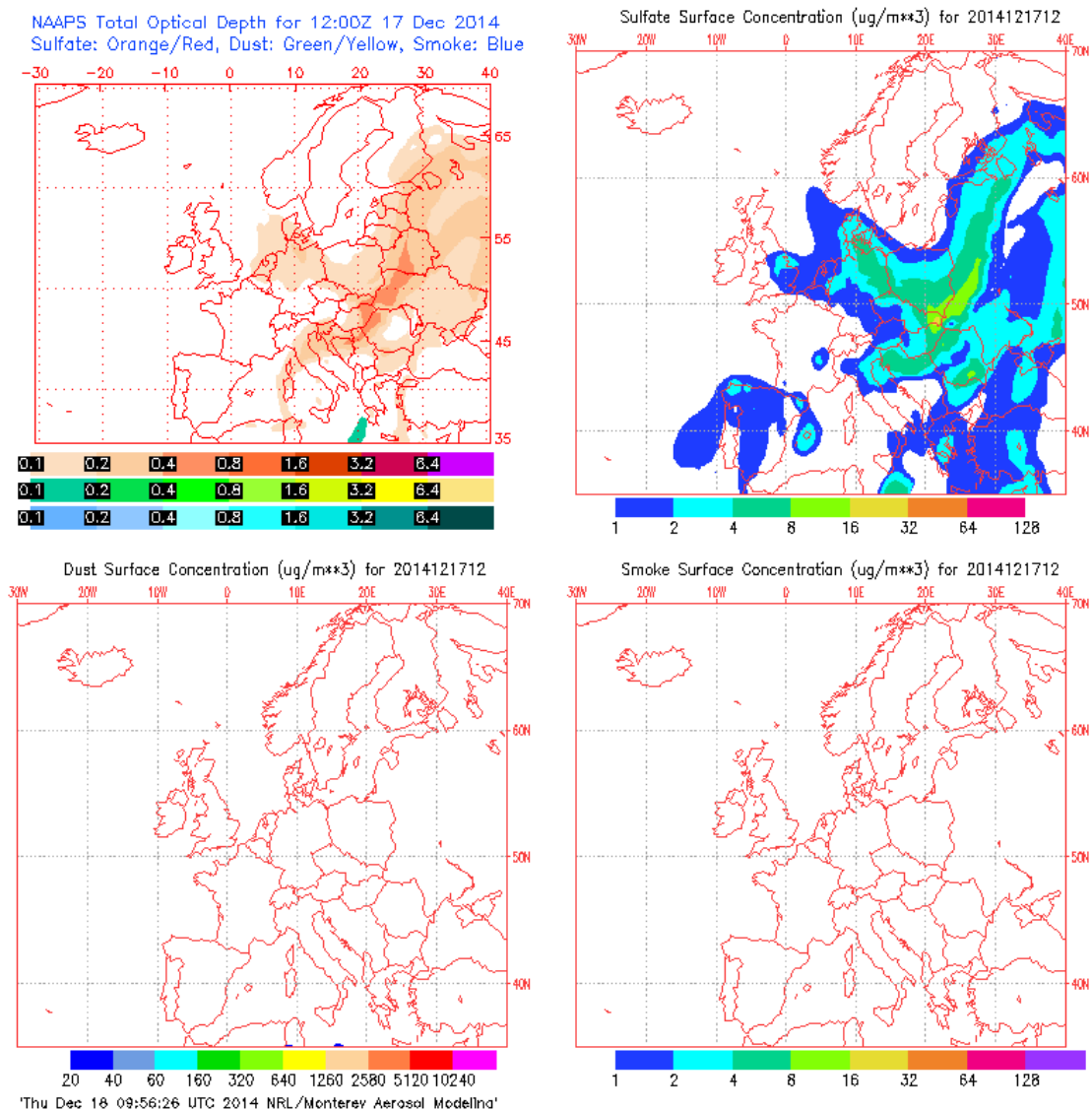
Gráfica 154. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de air proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 16/12/2014.



17 DE DICIEMBRE DE 2014

La concentración media diaria de PM₁₀ fue de 45 µg/m³ con el analizador gravimétrico y de 55 µg/m³ con el automático, por lo que sólo registró superación del VLd con el analizador automático. La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 8.59 µg/m³, lo cual quiere decir que el porcentaje de sal marina en la composición de la fracción PM₁₀ de la materia particulada fue del 62.4%. Este día se registraron máximas horarias de altura de las olas de 3.0 m y 3.2 m en las boyas de Punta Langosteira y Estaca de Bares, lo cual no llega al umbral de aviso de nivel amarillo. La altura media de las olas fue de 2.6 y 2.8 m, respectivamente. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 37.4 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

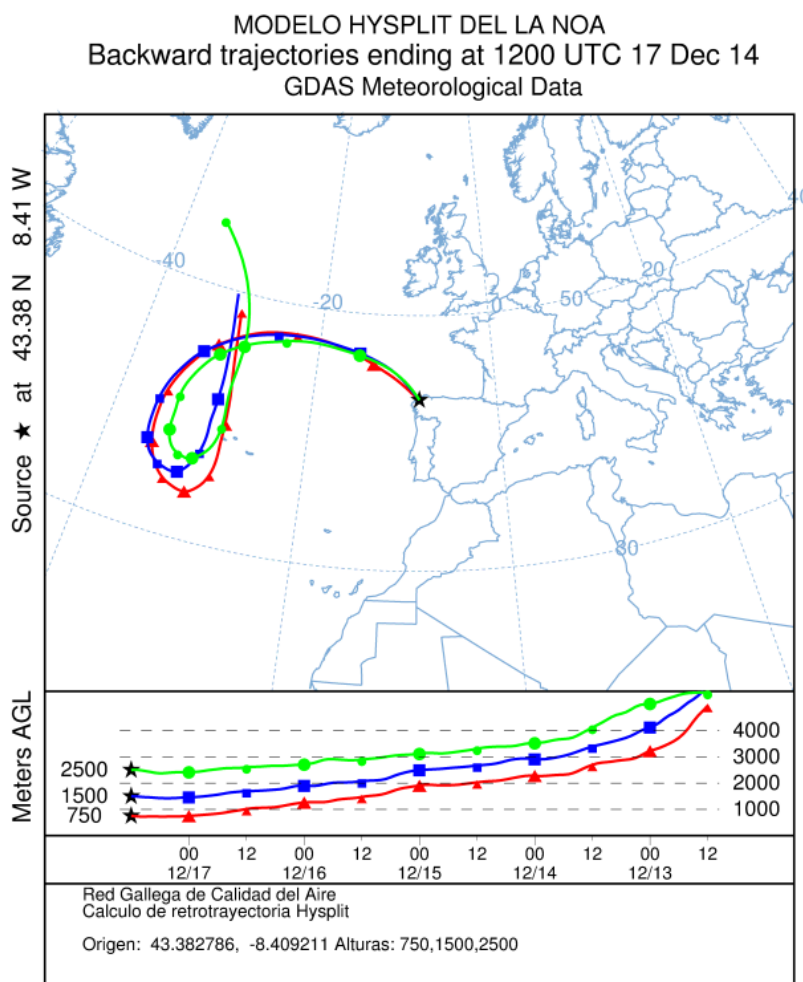
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 155 muestra bajas concentraciones de sulfato en superficie, entre 1-4 µg/m³. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 155. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 17/12/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 156 muestra que las masas de aire proceden de zonas limpias como el Océano Atlántico.



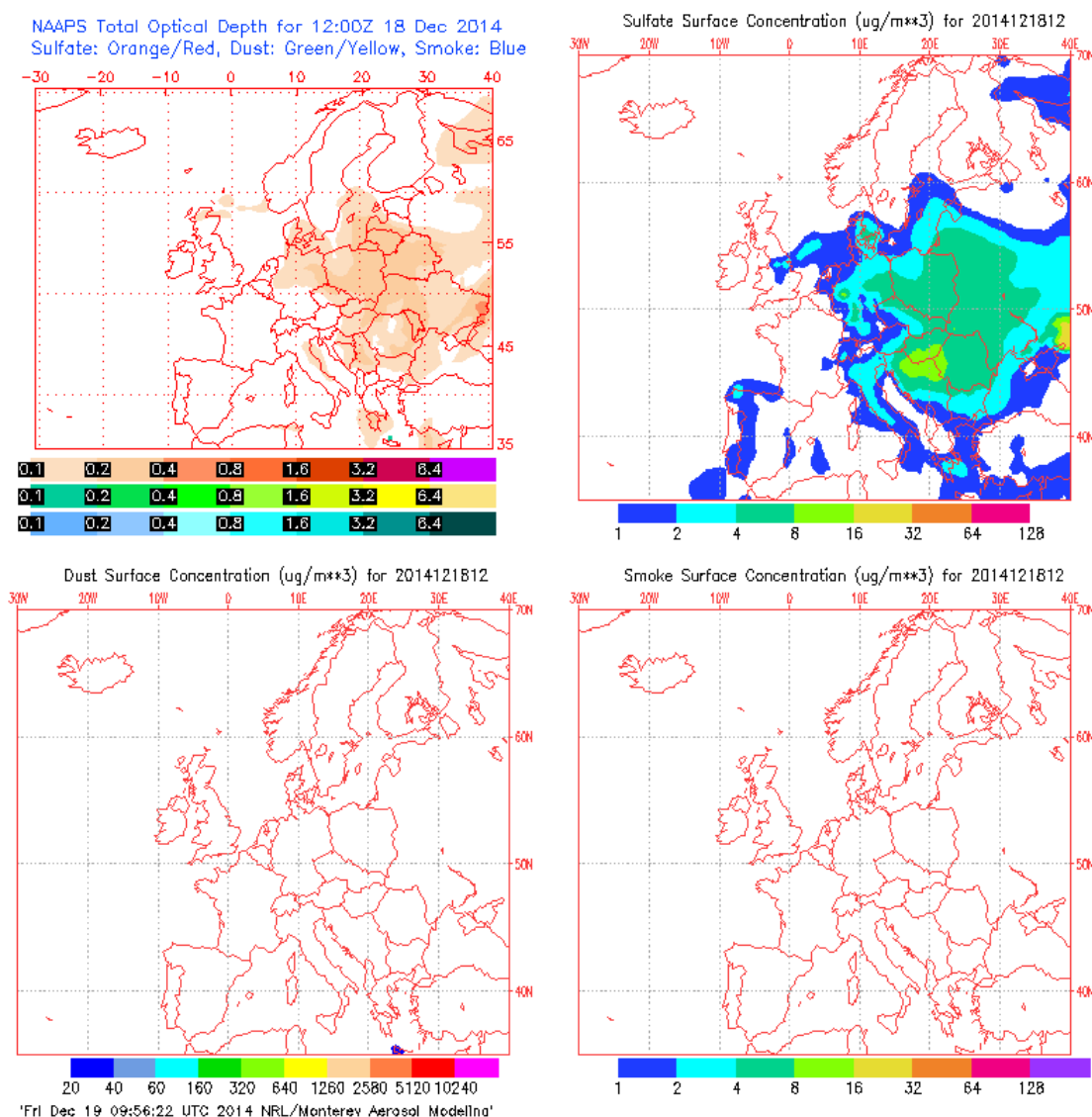
Gráfica 156. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 17/12/2014.



18 DE DICIEMBRE DE 2014

La concentración de PM₁₀ fue de 47 µg/m³ con el analizador gravimétrico y de 52 µg/m³ con el automático, por lo que no se registraron superaciones del VLd con el analizador gravimétrico, pero como el valor registrado con el analizador automático sí superó el VLd, se analiza este episodio. La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 8.21 µg/m³, lo cual quiere decir que el porcentaje de sal marina en la composición de la fracción PM₁₀ de la materia particulada fue del 57.1%. Este día se registraron máximas horarias de altura de las olas de 3.0 m y 3.3 m en las boyas de Punta Langosteira y Estaca de Bares, lo cual no llega al umbral de aviso de nivel amarillo. La altura media de las olas fue de 2.6 y 2.9 m, respectivamente. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 25.63 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

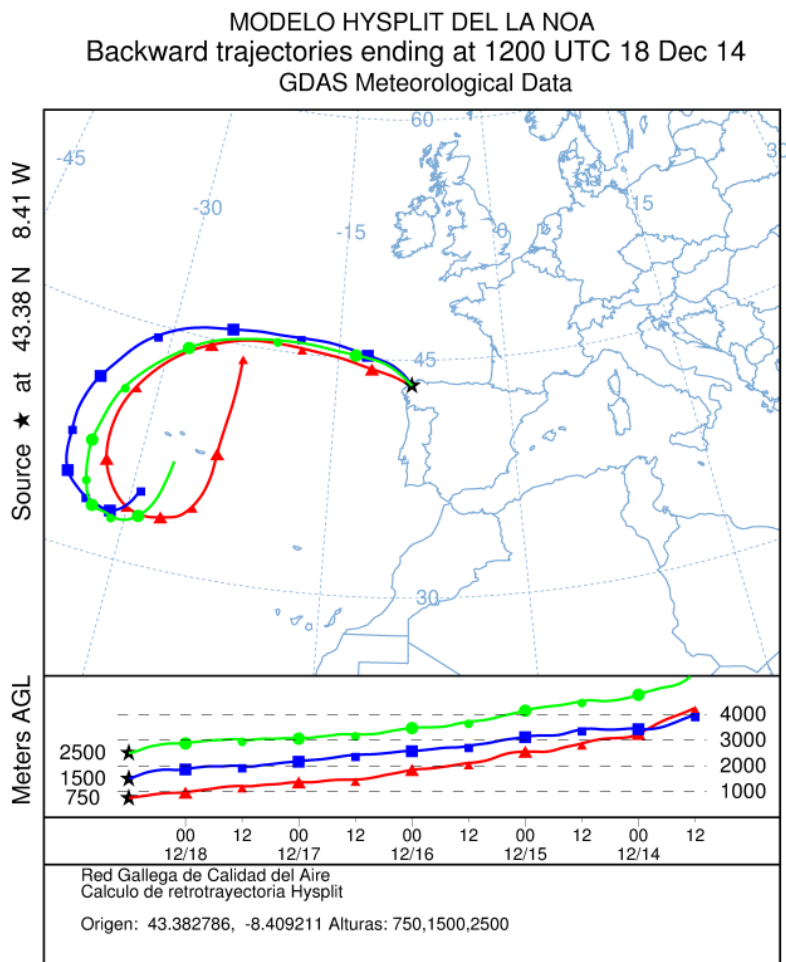
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 157 muestra bajas concentraciones de sulfato en superficie, entre 1-4 µg/m³. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 157. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 18/12/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 158 muestra que las masas de aire proceden de zonas limpias como el Océano Atlántico.



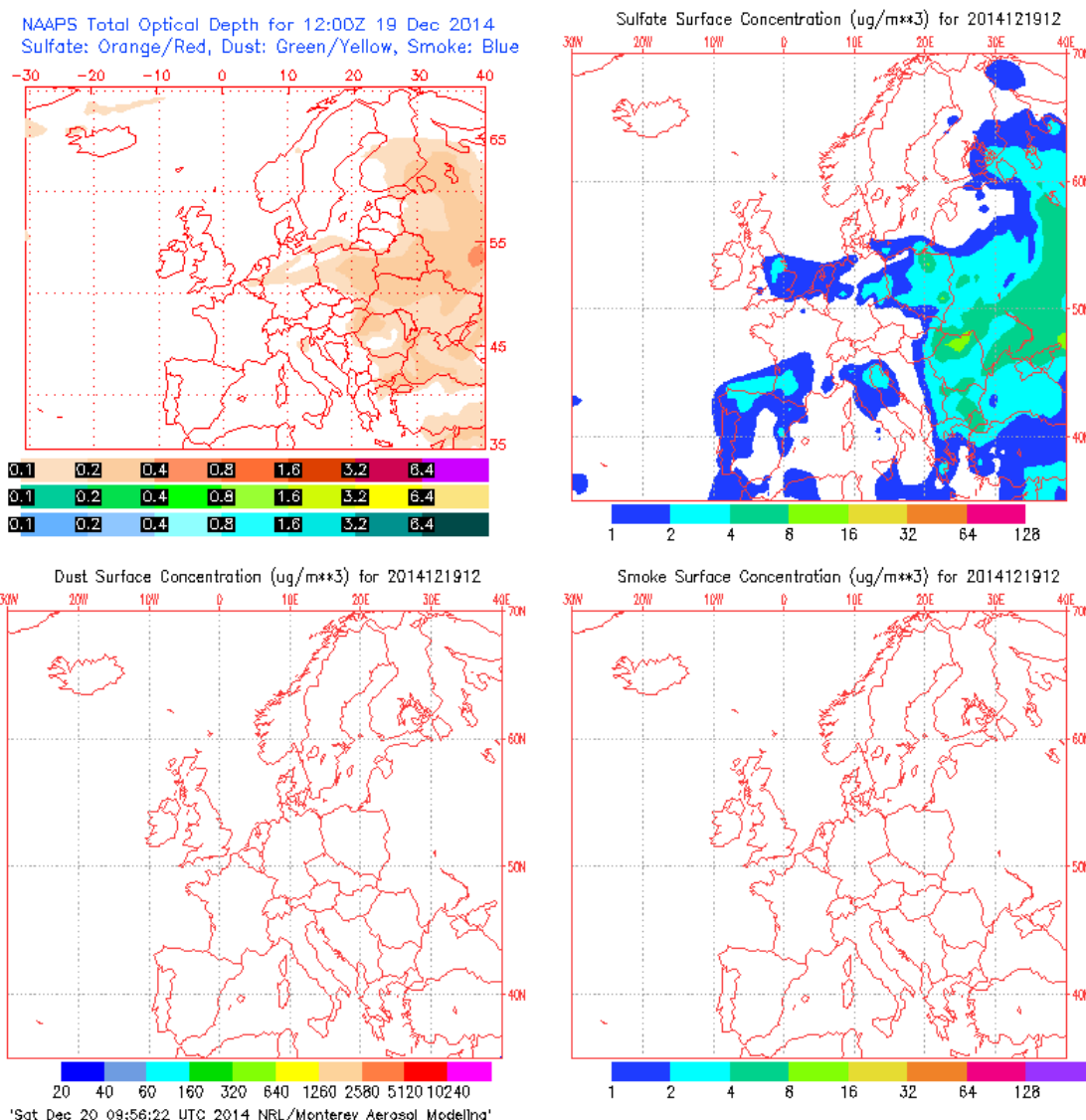
Gráfica 158. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 18/12/2014.



19 DE DICIEMBRE DE 2014

La concentración de PM₁₀ fue de 38 µg/m³ con el analizador gravimétrico y de 57 µg/m³ con el automático, por lo que sólo se registró superación del VLd con el analizador automático. La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 11.95 µg/m³, lo cual quiere decir que el porcentaje de sal marina en la composición de la fracción PM₁₀ de la materia particulada fue del 67.3%. Este día se registraron máximas horarias de altura de las olas de 5.4 m y 5.3 m en las boyas de Punta Langosteira y Estaca de Bares, lo cual se corresponde con un aviso de nivel naranja. La altura media de las olas fue de 4.3 y 4.4 m, respectivamente, que se corresponde con aviso de nivel amarillo. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 24.12 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

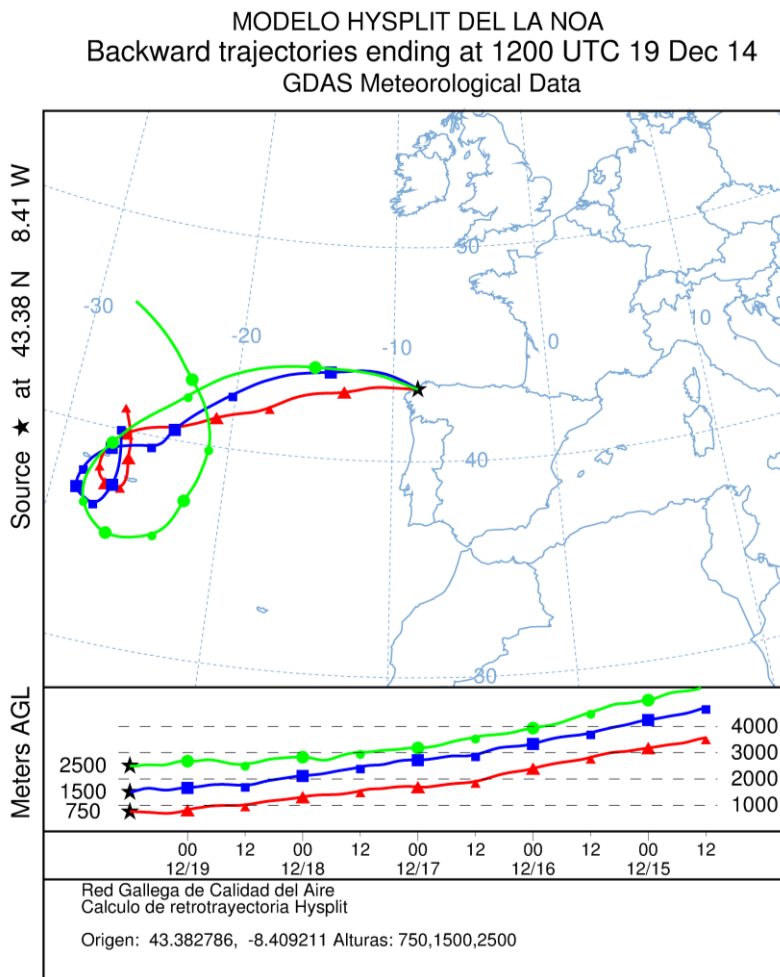
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 159 muestra bajas concentraciones de sulfato en superficie, entre 1-4 µg/m³. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 159. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 19/12/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 160 muestra que las masas de aire proceden de zonas limpias como el Océano Atlántico.

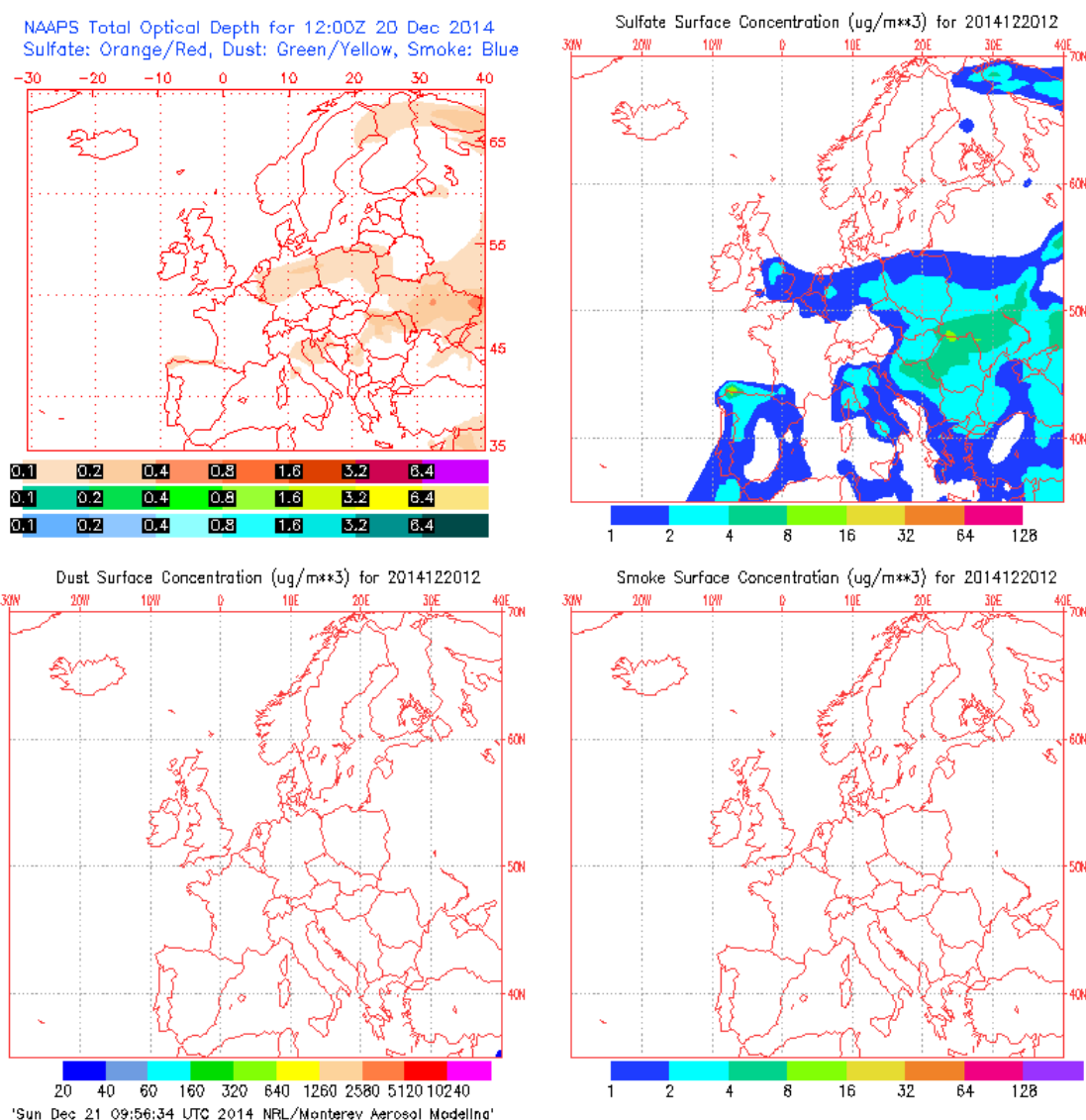


Gráfica 160. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 19/12/2014.

20 DE DICIEMBRE DE 2014

La concentración de PM₁₀ fue de 58 µg/m³ con el analizador gravimétrico y de 63 µg/m³ con el automático, por lo que se registraron superaciones del VLd con ambos analizadores. La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 11.95 µg/m³, lo cual quiere decir que el porcentaje de sal marina en la composición de la fracción PM₁₀ de la materia particulada fue del 67.3%. Este día se registraron máximas horarias de altura de las olas de 5.4 m y 5.3 m en las boyas de Punta Langosteira y Estaca de Bares, lo cual se corresponde con un aviso de nivel naranja. La altura media de las olas fue de 4.3 y 4.4 m, respectivamente, que se corresponde con aviso de nivel amarillo. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 24.12 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

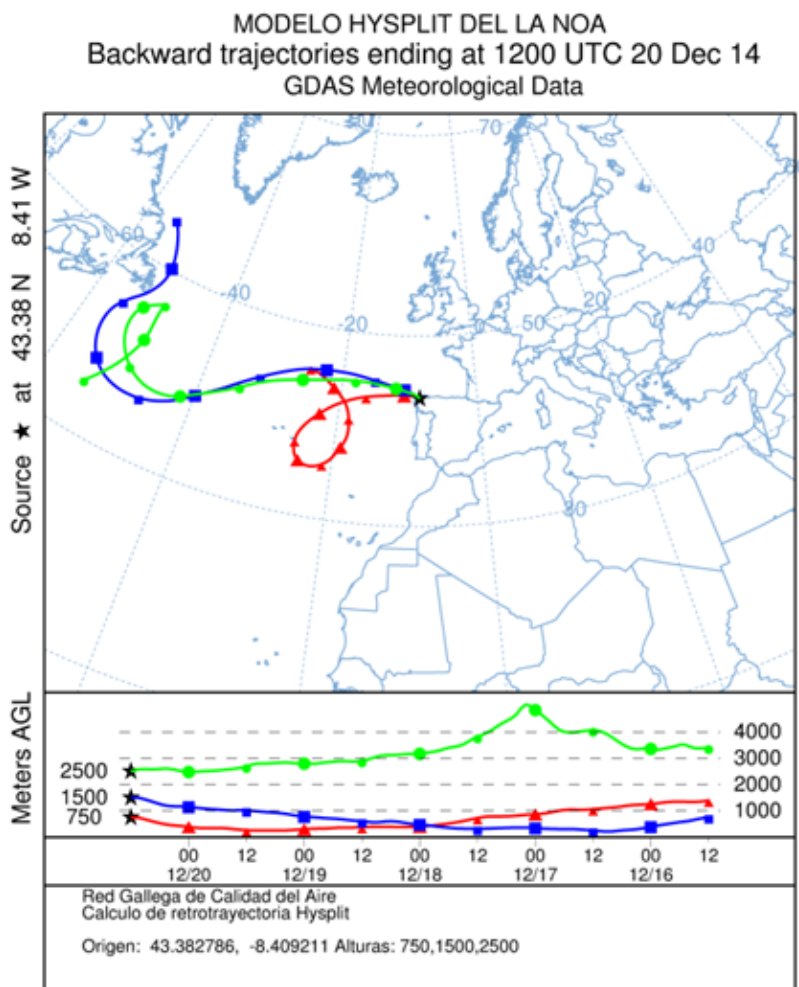
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 161 muestra bajas concentraciones de sulfato en superficie, entre 1-4 µg/m³. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 161. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 20/12/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 162 muestra que las masas de aire proceden de zonas limpias como el Océano Atlántico.



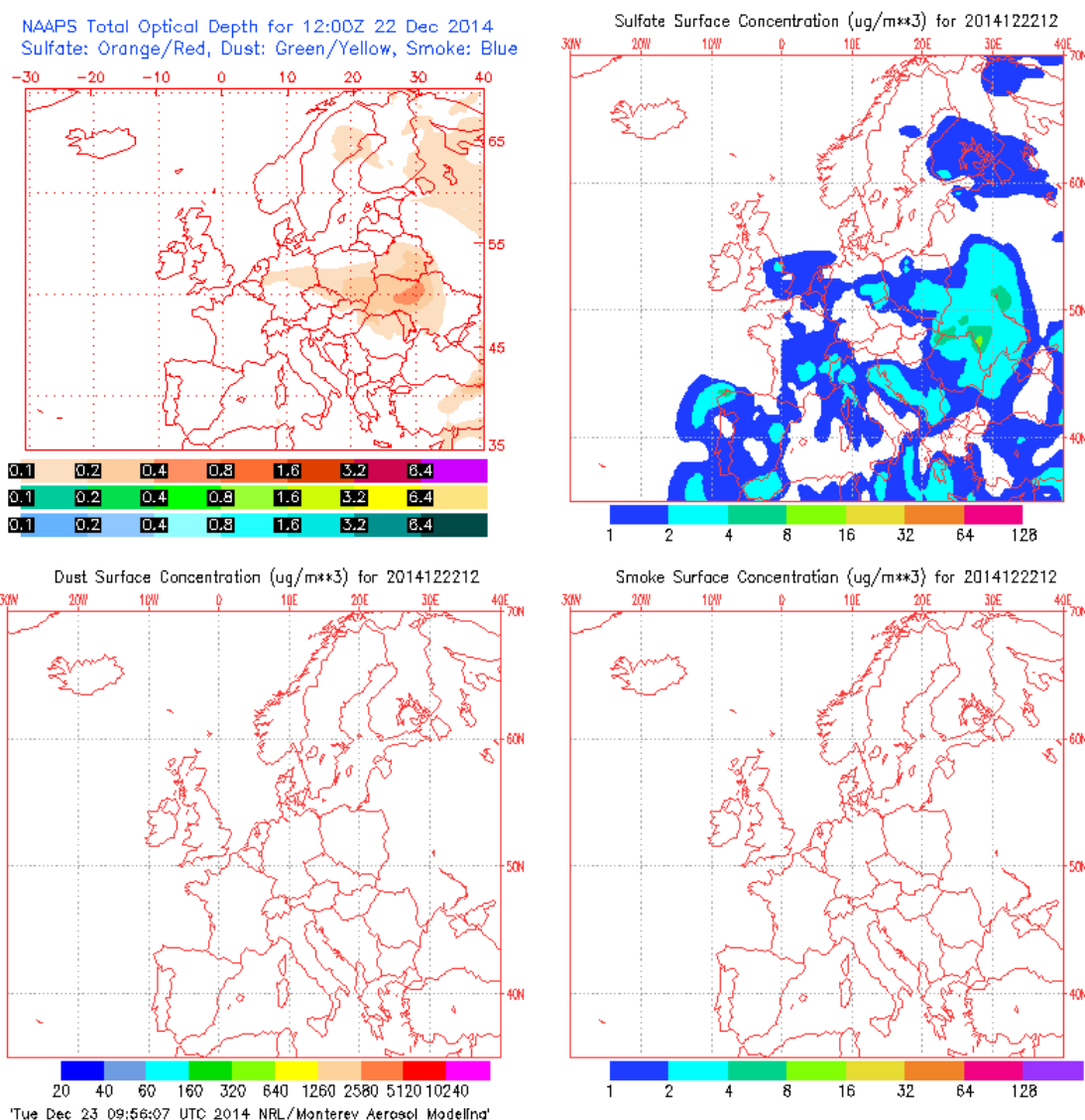
Gráfica 162. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 20/12/2014.



22 DE DICIEMBRE DE 2014

La concentración de PM₁₀ fue de 53 µg/m³ con el analizador gravimétrico y de 26 µg/m³ con el automático. La diferencia en el par de valores es muy importante y hay que señalar que este es el único caso de los estudiados en que después de realizar el descuento por el aporte del aerosol marino continúa habiendo superación del VLd de PM₁₀. La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 0.37 µg/m³, lo cual quiere decir que el porcentaje de sal marina en la composición de la fracción PM₁₀ de la materia particulada fue del 2.3%. Este día se registraron máximas horarias de altura de las olas de 2.1 m en ambas boyas, Punta Langosteira y Estaca de Bares. La altura media de las olas fue de 1.8 y 1.7 m. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 20.59 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

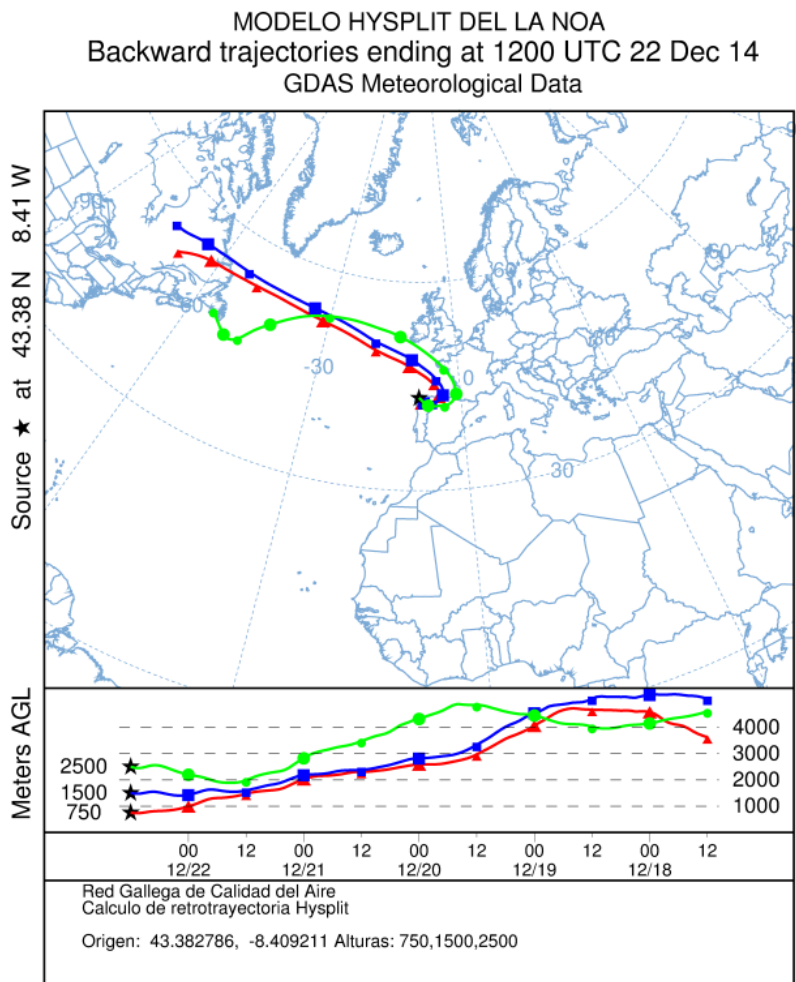
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 163 muestra bajas concentraciones de sulfato en superficie, entre 4-8 µg/m³. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 163. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 22/12/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 164 muestra que las masas de aire proceden del transporte a largas distancias desde el norte del continente americano y de zonas limpias como el Océano Atlántico.

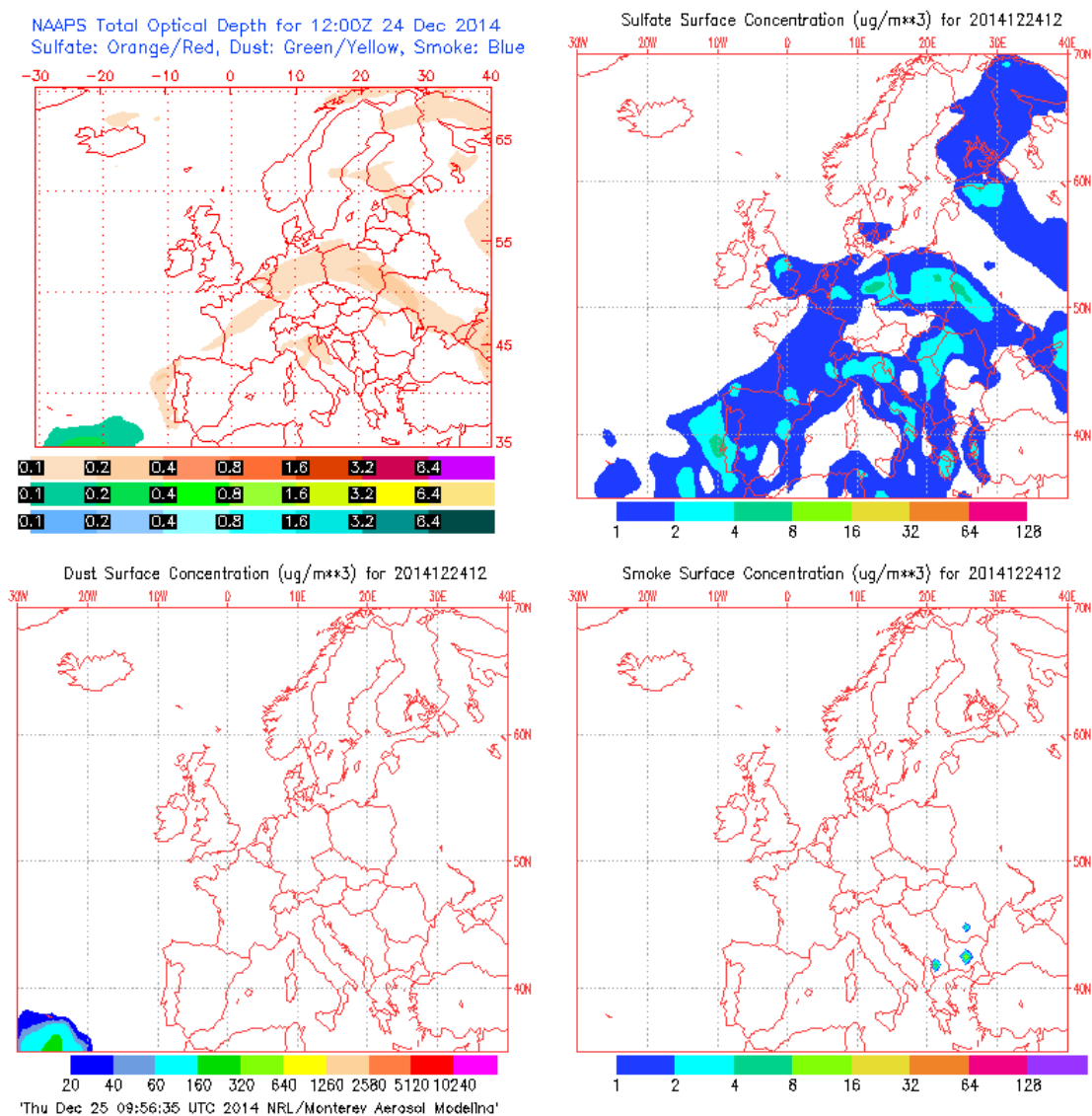


Gráfica 164. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 22/12/2014.

24 DE DICIEMBRE DE 2014

La concentración de PM₁₀ fue de 51 µg/m³ con el analizador gravimétrico y de 32 µg/m³ con el automático. La diferencia en el par de valores es importante y hay que señalar sólo hay superación del VLd de PM₁₀ con el analizador gravimétrico. La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 0.63 µg/m³, lo cual quiere decir que el porcentaje de sal marina en la composición de la fracción PM₁₀ de la materia particulada fue del 4.0%. Este día sólo hay datos de la boya de Estaca de Bares, donde se registraron máximas horarias de altura de las olas de 3.5 m y la altura media de fue de 2.9 m. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 24.59 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

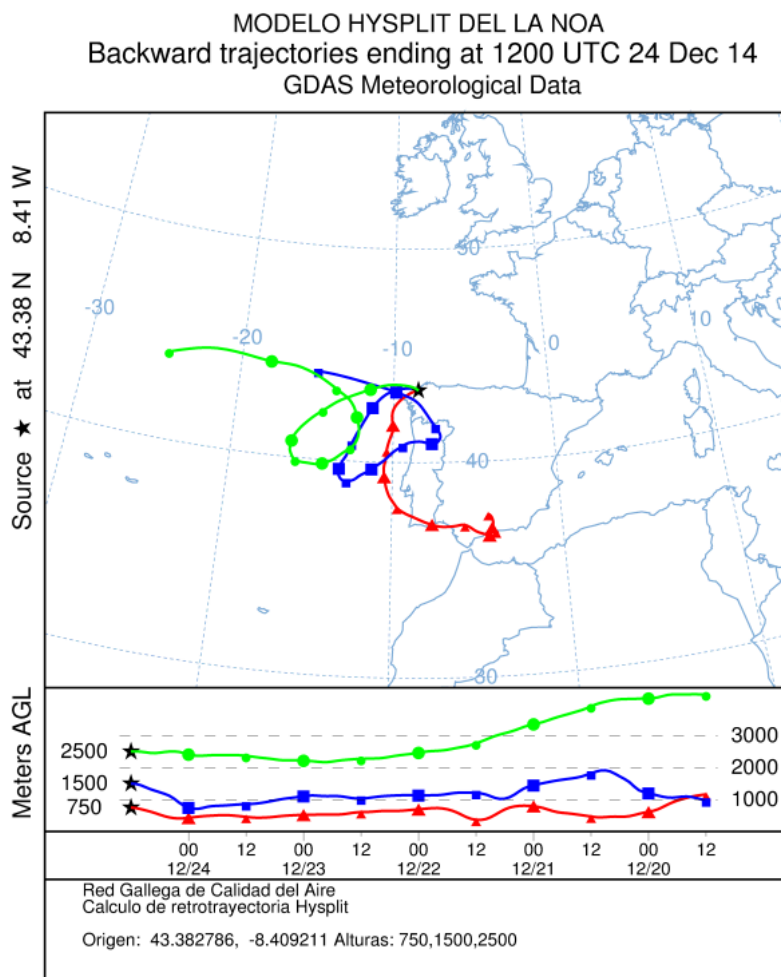
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 165 muestra bajas concentraciones de sulfato en superficie, entre 1-4 µg/m³. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 165. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 24/12/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 166 muestra que las masas de aire tienen diferentes procedencias según la altura, ya que a 2500 y 1500 m, vienen de zonas limpias como el Océano Atlántico, mientras que a 750 m procede del sur de la Península Ibérica.



Gráfica 166. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 24/12/2014.

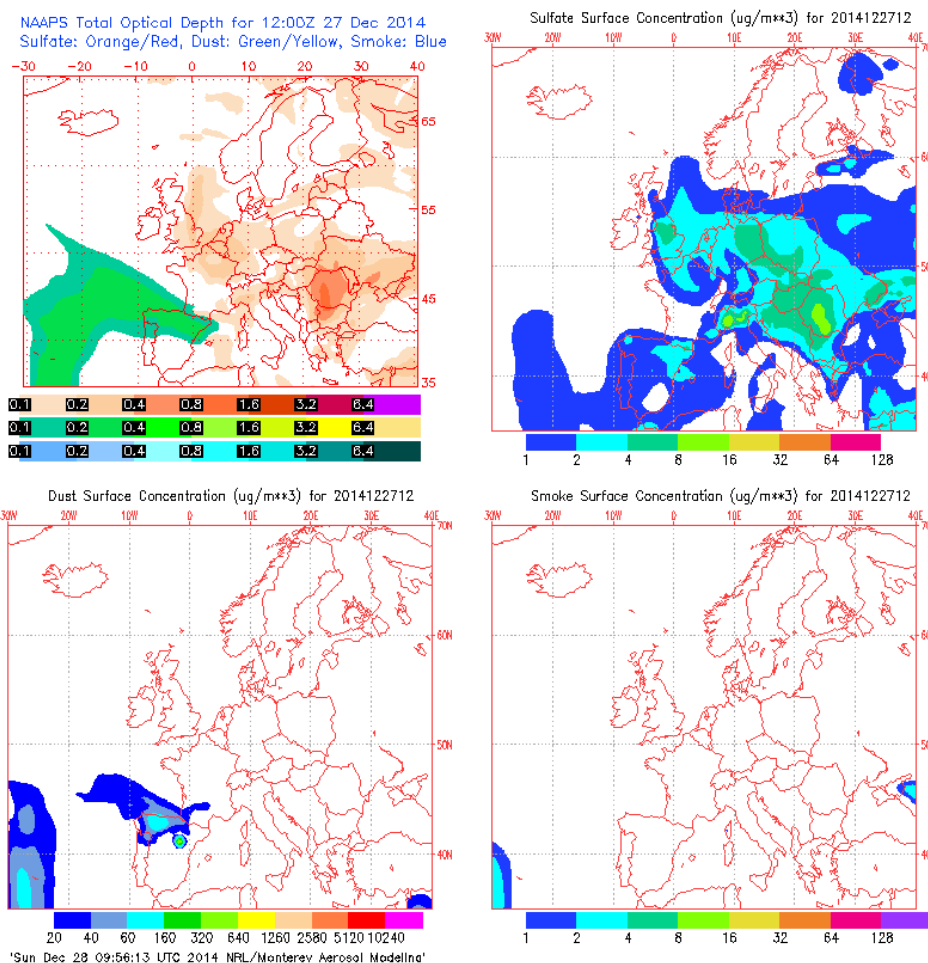


27 DE DICIEMBRE DE 2014

La concentración de PM₁₀ fue de 29 µg/m³ con el analizador gravimétrico y de 39 µg/m³ con el automático. La diferencia en el par de valores es bastante importante y hay que señalar no hay superación del VLd de PM₁₀ con ninguno de los analizadores, pero se ha incluido en este estudio porque según los datos suministrados a través del Acuerdo de Encomienda de Gestión entre el MAGRAMA y la Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas para la realización de trabajos relacionados con el estudio y evaluación de la contaminación atmosférica por material particulado y metales en España”, se detectó un evento de intrusión de polvo africano que afectó al noroeste de la península ibérica. Se incluye el análisis de este evento, por es la única intrusión sahariana para la que existen datos de concentración de sodio en la fracción PM₁₀ de la materia particulada.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 2.78 µg/m³, lo cual quiere decir que el porcentaje de sal marina en la composición de la fracción PM₁₀ de la materia particulada fue del 31.4%. Este día sólo hay datos de la boya de Estaca de Bares, donde se registraron máximas horarias de altura de las olas de 3.5 m y la altura media de fue de 2.3 m. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 48.1 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

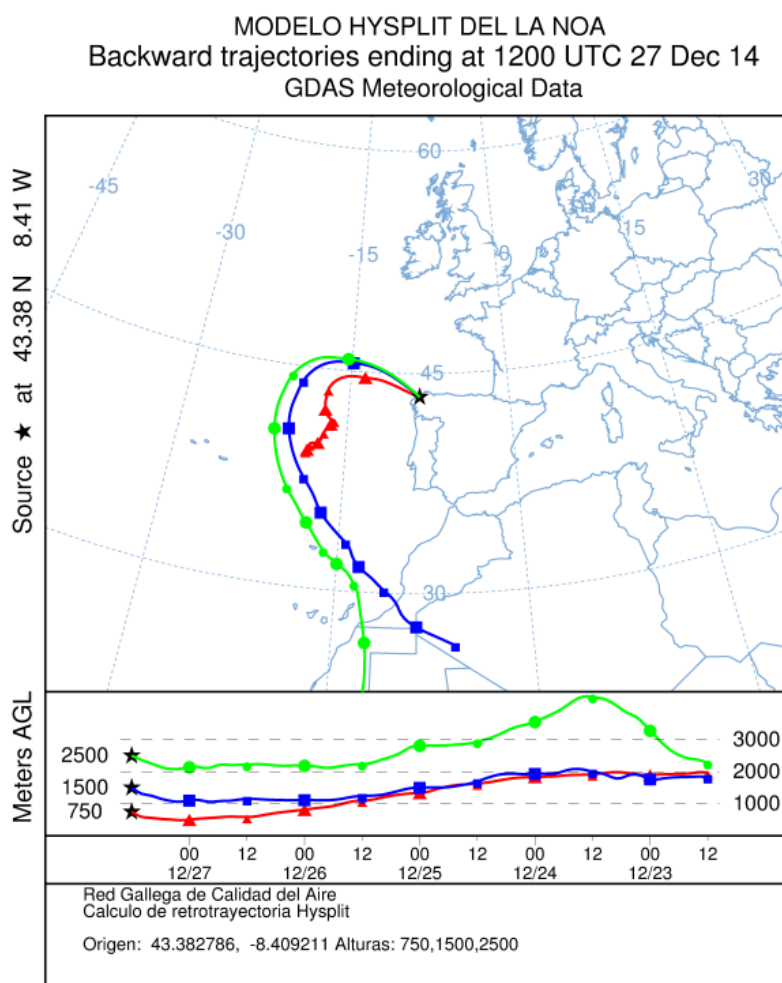
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 167 muestra bajas concentraciones de sulfato en superficie, entre 1-4 µg/m³. No se han identificado episodios de quema de biomasa pero si intrusiones de polvo sahariano, con una concentración de polvo en superficie entre 20-60 µg/m³.



Gráfica 167. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 27/12/2014.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 168 muestra que las masas de aire tienen procedencia africana, lo cual se corresponde con el episodio de polvo sahariano detectado.



Gráfica 168. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 27/12/2014.



Tenemos en la Tabla 17 los datos correspondientes a los episodios analizados en este apartado: los datos de concentración media diaria de PM₁₀ obtenidos con el analizador automático en µg/m³, los datos de altura máxima y media de las olas en las boyas de Punta Langosteira y Estaca de Bares en metros, la racha máxima diaria de viento en Coruña-Dique en km/h, y si existen eventos de intrusión de polvo sahariano, de quema de biomasa o de sulfato en superficie detectados y proporcionados por medio del Acuerdo de Encomienda de Gestión entre el MAGRAMA y la Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas para la realización de trabajos relacionados con el estudio y evaluación de la contaminación atmosférica por material particulado y metales en España”. Para destacar los datos relevantes, se muestran en violeta las superaciones del VLd de PM₁₀, en amarillo los valores correspondientes a los avisos de nivel amarillo, en naranja los avisos de nivel naranja y en rojo los avisos de nivel rojo para los adversos meteorológicos según se describen en la Tabla 15 de este estudio.

Fecha	PM ₁₀ Torre	h(m) ola P. Langosteira		h(m) ola E. Bares		Viento Coruña-Dique	Tipo Evento
	Automático	media	max horaria	media	max horaria	km/h	
02/01/2014	56	3,60	4,35	5,52	7,27	65,16	--
03/01/2014	63	4,37	6,45	6,43	8,67	77,26	--
04/01/2014	55	4,89	5,57	7,62	9,26	86,44	--
06/01/2014	66	5,54	7,52	8,72	11,72	86,54	--
14/01/2014	51	-	-	5,16	6,21	53,5	--
18/01/2014	57	-	-	5,18	6,68	51,98	--
20/01/2014	54	-	-	3,45	3,87	47,74	--
22/01/2014	54	-	-	3,64	5,04	58,93	--
23/01/2014	76	-	-	3,31	4,34	31,03	--
26/01/2014	59	-	-	4,92	5,86	60,34	--
27/01/2014	80	-	-	7,10	8,44	77,04	--
28/01/2014	72	-	-	8,16	9,84	96,55	--
29/01/2014	70	-	-	6,17	7,73	79,27	--
30/01/2014	57	-	-	4,39	5,74	55,26	--
01/02/2014	68	-	-	7,45	12,77	82,66	--
02/02/2014	64	-	-	8,50	11,13	87,95	--
05/02/2014	80	-	-	9,84	12,54	96,55	--
08/02/2014	66	-	-	8,44	11,48	87,26	--
10/02/2014	61	-	-	6,70	7,73	86,44	--
11/02/2014	54	-	-	4,67	5,74	113,62	--
15/02/2014	55	-	-	6,65	7,15	67,61	--
21/02/2014	51	-	-	-	-	47,52	--
22/02/2014	61	-	-	-	-	49,97	--
24/02/2014	52	-	-	-	-	75,85	--
25/02/2014	53	-	-	-	-	89,71	--
26/02/2014	61	-	-	-	-	59,62	--
27/02/2014	54	-	-	-	-	52,67	--
28/02/2014	64	-	-	-	-	61,16	--
07/03/2014	60	2,14	3,10	2,68	3,75	34,56	--
08/03/2014	79	2,42	3,07	2,67	3,52	25,52	--



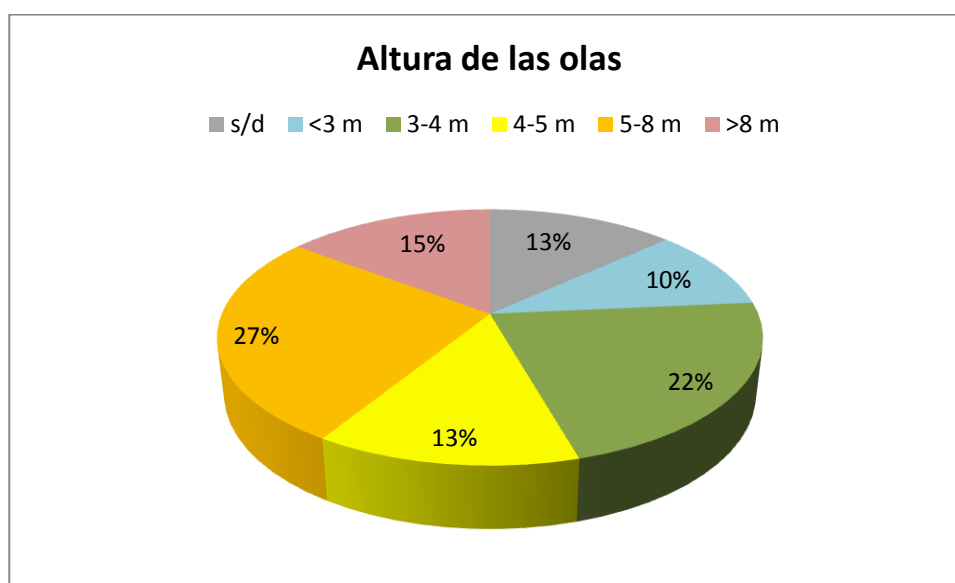
09/03/2014	79	2,51	3,71	2,94	4,57	41,29	--
12/03/2014	64	1,65	1,99	2,00	2,58	20,12	Biomasa
13/03/2014	54	1,29	1,53	1,61	1,99	24,34	Biomasa
14/03/2014	52	1,05	1,27	1,41	1,88	23,18	Biomasa
23/03/2014	65	4,10	5,07	4,49	5,39	51,88	--
25/03/2014	67	5,29	5,96	6,11	7,03	79,02	--
26/03/2014	60	4,07	5,24	-	-	65,84	--
09/04/2014	56	2,58	3,23	-	-	20,92	Africano
11/05/2014	59	2,30	2,94	2,87	3,75	26,93	--
13/08/2014	66	2,24	2,60	2,34	2,81	31,39	--
02/09/2014	52	1,99	2,61	2,79	3,28	27,18	--
03/09/2014	55	1,57	2,26	2,10	3,28	18,47	--
03/10/2014	55	3,23	4,57	3,28	5,16	26,21	Africano
07/10/2014	62	3,48	4,53	3,94	5,39	49,86	--
08/10/2014	55	3,55	4,08	3,88	4,80	50,11	--
09/10/2014	53	3,30	4,08	3,81	4,57	32,94	--
22/10/2014	62	2,29	2,99	2,70	3,87	21,28	Africano
23/10/2014	67	-	-	2,27	3,40	23,18	Africano
24/10/2014	71	1,73	2,39	1,54	1,99	19,87	Africano
25/10/2014	78	2,36	3,63	2,18	3,52	17,75	Africano
26/10/2014	63	-	-	2,55	3,28	22,46	Africano
27/10/2014	59	-	-	2,90	3,63	35,03	Africano
28/10/2014	65	1,98	2,41	1,94	2,34	23,18	Africano
04/11/2014	52	-	-	4,50	5,27	65,27	--
05/11/2014	55	-	-	3,36	4,34	68,54	--
07/11/2014	51	-	-	3,87	4,34	55,98	--
08/12/2014	53	3,35	4,63	3,54	4,45	42,59	--
09/12/2014	57	3,28	4,40	3,49	4,69	28,48	--
10/12/2014	36	2,54	5,50	2,88	5,51	34,09	--
11/12/2014	124	7,37	9,24	6,58	8,32	30,82	--
16/12/2014	46	3,67	4,68	3,69	4,69	45,29	--
17/12/2014	55	2,65	2,96	2,78	3,16	37,4	--
18/12/2014	52	2,64	2,98	2,88	3,28	25,63	--
19/12/2014	57	3,59	4,86	4,25	5,39	26,71	--
20/12/2014	63	4,30	5,44	4,39	5,27	24,12	--
22/12/2014	26	1,81	2,09	1,70	2,11	20,59	--
24/12/2014	32	-	-	2,90	3,52	24,59	--
27/12/2014	39	-	-	2,30	3,40	48,1	Africano

Tabla 17. Episodios de superación del VLd de PM₁₀ en 2014 en la estación Torre de Hércules, con la concentración media diaria (en µg/m³), altura media y máxima de las olas en Punta Langosteira y Estaca de Bares (en m), velocidad del viento (en km/h) en Coruña-Dique y tipo de evento caracterizado por el CIEMAT.



A lo largo de 2014 hubo 63 superaciones del VLd de PM¹⁰ en la estación Torre de Hércules, lo que supone que el 17.3% del año se superó el valor de 50 µg/m³ establecido para la media diaria. En este apartado se han analizado estos 63 episodios y otros 4 que se consideraron de interés, todos ellos en el mes de diciembre: 3 casos en los que se detectó superación del VLd con el analizador gravimétrico pero no con el automático y el único episodio sahariano para el que se analizó el Na⁺ en la fracción PM₁₀ de la materia particulada.

Comparando los datos de las boyas de Punta Langosteira con los de Estaca de Bares, vemos que en ambas boyas los datos de altura máxima y altura media de las olas son muy similares en todos los casos estudiados. A continuación tendremos en cuenta los datos de altura máxima y altura media de las olas tomada en Estaca de Bares, ya que los datos tienen una mayor cobertura temporal, con un 87% de datos para los episodios estudiados. En la Gráfica 169 vemos que en el 15% de los casos estudiados, la altura de las olas fue superior a 8 m, lo cual equivale a un aviso de nivel rojo. En el 27% de los casos se superó el umbral del aviso naranja, con olas de más de 5 m y en el 13% el aviso de nivel amarillo para olas de más de 4 m. En el 22% de los casos, la altura de las olas estuvo entre los 3 y los 4 metros. Por último, en el 27% de los episodios la altura de las olas fue inferior a los 3 m, mientras que no tuvimos datos el 13% de los episodios analizados en este apartado. Este análisis llega a la misma conclusión que en las anteriores ocasiones en que se analizó la relación de la altura de las olas con la concentración de PM₁₀ en Torre de Hércules, observando una relación directa entre sus incrementos.

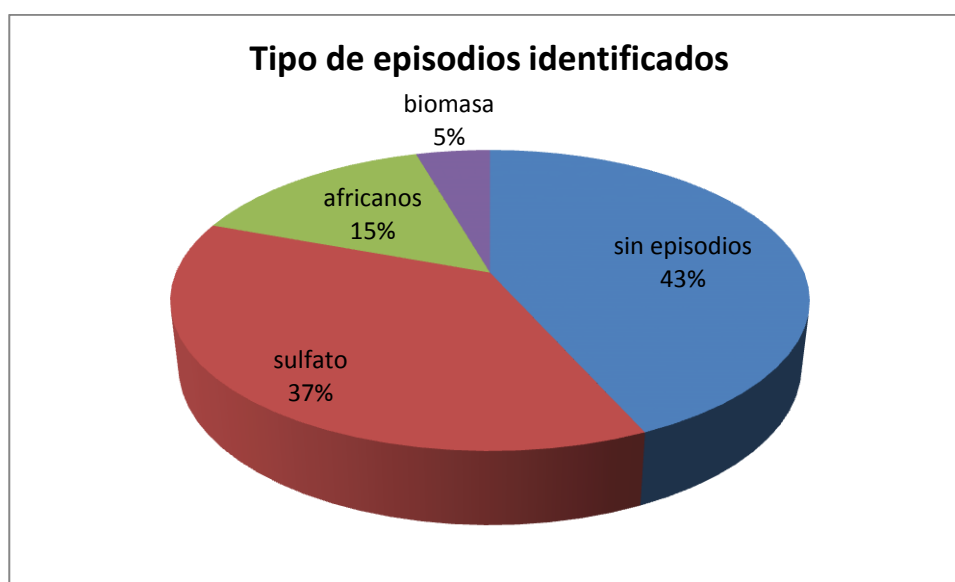


Gráfica 169. Altura de las olas en la Boya de Estaca de Bares en cada episodio de superación de VLd de PM₁₀ analizados más los cuatro episodios de interés.

De la misma manera que en el estudio realizado por el Departamento de Predicción Numérica de MeteoGalicia, tampoco en este análisis se observó una relación directa entre la velocidad del viento y la concentración de PM₁₀, ya que tan solo en el 15% de los episodios analizados la velocidad del viento era superior a 80 km/h, superando el umbral de aviso de nivel amarillo, y de estas, sólo en una ocasión se superó el umbral de aviso naranja, con vientos de más de 100 km/h.



En 10 de las ocasiones se identificaron episodios de intrusión de polvo sahariano y en 3 de quema de biomasa. En 25 ocasiones se identificó la presencia de sulfatos en superficie, pero en sólo dos de ellas las concentraciones fueron medias (hasta 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), el resto de casos mostraron la presencia de concentraciones bajas o muy bajas. La mayoría de los casos estudiados, 29 en total, no llevaban asociada la presencia de ningún tipo de episodio. En la Gráfica 170 podemos ver la distribución en porcentajes de la ocurrencia de los distintos tipos de episodios.



Gráfica 170. Tipos de episodios identificados durante los días de superación del VLD de PM_{10} en Torre de Hércules.

Realizando el análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire, diferenciando para cada tipo de episodio vemos que en todos los episodios de quema de biomasa las masas de aire proceden del norte y el centro de Europa.

Para los episodios Africanos el 60% proceden del norte de África o de la costa africana, el 30% de la Península Ibérica y el 10% del Océano Atlántico, bordeando la costa africana. Disponemos de datos de PM_{10} obtenidos gravimétricamente solo en el episodio del 27 de diciembre. La concentración de Na^+ en el filtro fue de 2.78 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, lo cual quiere decir que el porcentaje de sal marina en la composición de la fracción PM_{10} de la materia particulada fue del 31.4%.

Cuando no existen episodios, la masa de aire proviene del transporte a largas distancias desde el continente americano y de zonas limpias como el Océano Atlántico.

En el caso de la presencia de sulfatos es donde tenemos más variabilidad en los orígenes. En el 84% de los casos también provienen del transporte a largas distancias desde el continente americano y de zonas limpias como el Océano Atlántico. En el 8% de los casos provienen del norte y el centro de Europa, el 4% de la costa africana y el 4% restante de la Península Ibérica. Los principales precursores de los aerosoles de sulfatos son el SO_2 , procedente de fuentes antropogénicas y los volcanes. Las predicciones proporcionadas por el NAAPS muestran en ocasiones episodios de sulfatos procedentes de Europa Central y Europa Oriental. Estas predicciones pueden deberse a la gran actividad industrial (principalmente sector energético y siderúrgico) existente en estas zonas.



XUNTA DE GALICIA

CONSELLERÍA DE MEDIO AMBIENTE,
TERRITORIO E INFRAESTRUTURAS
Secretaría Xeral de
Calidade e Avaliación Ambiental



Las mayores centrales térmicas de Europa se encuentran en países como Polonia, Bulgaria, Rumanía y Alemania. Independientemente de su origen, las concentraciones son tan bajas que la explicación a las superaciones del VLd de PM₁₀ en la estación Torre de Hércules no puede ser la presencia de los aerosoles de sulfatos producidos por reacciones químicas en la atmósfera procedentes de gases precursores.

En resumen, cuando no existen episodios africanos ni de quema de biomasa, o cuando se identifica la presencia de bajas concentraciones de aerosol sulfato, el análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire no muestra el origen de las superaciones del VLd, ya que en la mayor parte de los casos, estas proceden del transporte a largas distancias del norte del continente americano o bien de zonas limpias como el Océano Atlántico.

Estos resultados validan también la hipótesis planteada al inicio de este trabajo, que las superaciones del VLd en Torre de Hércules se deben al aerosol marino, ya que el Na⁺ puede tener origen mineral, pero el Na⁺ soluble suele ser marino, sobre todo cuando se está tan cerca de la fuente, como es en nuestro caso.



11. CONCLUSIONES Y PLAN DE TRABAJO PARA 2015

Las principales conclusiones que extraemos de este trabajo son las siguientes:

- Las elevadas concentraciones de PM_{10} en Torre, estación de fondo urbano, no se corresponden con las de Riazor y A Grela, estaciones de tráfico e industrial que miden PM_{10} asociadas al tráfico rodado.
- La concentración de PM_{10} en otoño y en invierno en A Coruña es muy superior a la de primavera y verano. Este fenómeno se da en las tres estaciones de la ciudad, pero de manera más acusada en Torre de Hércules. Se pone de manifiesto que la contribución del aerosol marino se da durante todo el año pero con diferente intensidad y que esta decae rápidamente al alejarnos del mar.
- En las tres estaciones de calidad del aire de A Coruña las mayores concentraciones de PM_{10} se registran con vientos del NW en primavera y en invierno. Este efecto es más intenso en Torre, donde también predomina en otoño.
- La mayor parte de las superaciones del VLd de PM_{10} en Torre ocurren con altura de las olas superiores a 3 m y vientos de componente oeste que se corresponden con origen marino en la localización de la estación.
- Dada la particular localización de la estación Torre de Hércules, también cuando recibe vientos de componente S-SW está recibiendo aportes directamente del mar.
- El contenido en Na^+ del agua de lluvia recogida en la estación Torre de Hércules es hasta 3 veces superior al de Riazor y en ambos casos es muy superior al de la estación de fondo de Marroxo, localizada en Monforte de Lemos (Lugo) durante el periodo de muestreo junio-noviembre de 2014. Las concentraciones medias de Sr^{2+} , SO_4^{2-} , Cl^- , K^+ y la conductividad iónica del agua de lluvia en Torre de Hércules también es muy superior a la de Riazor. Todos estos componentes están presentes en la composición media del agua de mar.
- Analizando los filtros donde se obtuvo gravimétricamente la concentración de PM_{10} entre 29/11/2014-31/12/2014, vemos que, aunque el número de filtros analizados es pequeño, podemos observar que en Torre de Hércules, los aumentos de la concentración de PM_{10} se corresponden con incrementos de la concentración de Na^+ .
- El cálculo de la concentración de sal marina en la fracción PM_{10} del material particulado muestra que el promedio de la misma en diciembre de 2014 fue de 19.7% en $PM_{2,5}$ y 48.5% en PM_{10} en Torre y 19.0% en PM_{10} de Riazor.
- Una vez aplicados los descuentos a los días en que hubo superación del VLd de PM_{10} en Torre atribuibles a fuentes naturales, en este caso el aerosol marino, tal y como se especifica en el Documento de Trabajo de la Comisión de 15/02/2011, en todos los casos salvo en uno (el 22/12/2014), deja de existir la superación.



- Los aumentos en la concentración de sal marina en la fracción PM_{10} del material particulado en Torre, no parecen tener relación con la velocidad del viento pero sí con la altura de las olas, al igual que ocurría con la concentración de PM_{10} .
- Los días con aviso de nivel amarillo por olas de más de 4 metros o mayores, se corresponden con concentraciones de sal marina de, al menos el 45%, expresado en porcentaje de la fracción de PM_{10} .
- Cuando no existen episodios africanos ni de quema de biomasa, o cuando se identifica la presencia de bajas concentraciones de aerosol sulfato, el análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire no muestra el origen de las superaciones del VLd, ya que en la mayor parte de los casos, estas proceden del transporte a largas distancias del norte del continente americano o bien de zonas limpias como el Océano Atlántico.

Todas estas conclusiones indican que el problema de superaciones del VLd de PM_{10} en la estación Torre de Hércules, en A Coruña, procede de una fuente natural, el aerosol marino. Por este motivo, la Red de Calidad del Aire de la Xunta de Galicia ha establecido el siguiente plan de trabajo para 2015:

- Desde el 01/01/2015 disponemos de un CAV en Torre con cabezal $PM_{2,5}$ y un LVS con cabezal de PM_{10} , en los que tomamos muestras diariamente. También tenemos un CAV en Riazor con cabezal PM_{10} .
- Tomamos muestras diariamente con los tres captadores.
- Analizamos la concentración de Na^+ en PM_{10} y la comparamos con la de Na^+ en $PM_{2,5}$, en Torre para ver si encontramos alguna relación.
- Comparamos también los resultados de concentración de Na^+ en PM_{10} de Torre con los de Riazor para ver cómo decae el gradiente de concentración con la distancia.



12. ANEXOS

ANEXO I.

“Informe sobre Superaciones de Valores Límite Diarios de PM₁₀ en el entorno de la Torre de Hércules (A Coruña) a principios de 2014” del 27/10/2014 realizado por el Departamento de Predicción Numérica de MeteoGalicia perteneciente a la Secretaría Xeral de Calidade e Avaliación Ambiental de la Consellería de Medio Ambiente, Territorio e Infraestruturas.

ANEXO II.

“Boletín de tiempo meteorológico con avisos: diciembre de 2014”, elaborado por MeteoGalicia, perteneciente a la Secretaría Xeral de Calidade e Avaliación Ambiental de la Consellería de Medio Ambiente, Territorio e Infraestruturas.

ANEXO III.

“Resumen final de episodios naturales 2014”, datos propiedad de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental (DGCEA), del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, suministrados como fruto del “Acuerdo de Encomienda de Gestión entre el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente y la Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas para la realización de trabajos relacionados con el estudio y evaluación de la contaminación atmosférica por materia particulado y metales en España.



REFERENCIAS

- Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de mayo de 2008, relativo a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa. DOUE L 152/1 de 11/06/2008.
- Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera. BOE núm. 275 de 16/11/2007.
- Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire. BOE núm. 25 de 29/01/2011.
- Ley 8/2002, del 18 de diciembre, de protección del ambiente atmosférico de Galicia. DOG núm. 252 de 31/12/2002.
- Commission staff working paper establishing guidelines for demonstration of exceedances attributable to natural sources under the Directive 2008/50/EC on ambient air quality and cleaner air for Europe. Brussels, 15/02/2011. SEC(2011) 208 final.
- BOP Report "The contribution of sea salt to PM10 and PM2,5 in the Netherlands", A-M.M. Manders, TNO; M. Schaap, TNO, F. van Arkel; RIVM; E.P. Weijers, ECN; J. Matthinsen, PBL. Netherlands Research Program on Particulate Matter. Report 500099004.
- "Síntesis de resultados sobre contribución de fuentes en PM10 y PM2,5 en España", de octubre 2002, elaborado por el Instituto de Ciencias de la Tierra "Jaume Almera", CSIC, Instituto de Salud Carlos III, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, CIEMAT, para el Ministerio de Medio Ambiente, Secretaría General de Medio Ambiente, Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental.
- "Informe sobre Superaciones de Valores Límite Diarios de PM₁₀ en el entorno de la Torre de Hércules (A Coruña) a principios de 2014" del 27/10/2014 realizado por el Departamento de Predicción Numérica de MétéoGalicia perteneciente a la Secretaría Xeral de Calidade e Avaliación Ambiental de la Consellería de Medio Ambiente, Territorio e Infraestruturas.
- "Sea Salt concentrations across the European continent", A.M.M. Manders, M. Schaap, X. Querol, M.F.M.A. Albert, J. Vercauteren, T.A.J. Kuhlbusch, R. Hoogerbrugge, *Atmospheric Environment* 44 (2010) 2434-2442.
- "A review of sea-spray aerosol source functions using a large global set of sea salt aerosol concentration measurements", H. Grythe, J. Ström, R. Krejci, P. Quinn and A. Stohl, *Atmos. Chem. Phys.* 14, 1277-1297, 2014.



**CALIDADE DO AIRE
DE GALICIA**
Rede de vixilancia