

PM₁₀ Y PM_{2,5} EN ES1219: ÁREA METROPOLITANA DE A CORUÑA EN 2016 Y LA INFLUENCIA DEL AEROSOL MARINO

Superaciones del VLD en la estación 15030027 – Torre de Hércules (A Coruña). Año 2016



EQUIPO DE TRABAJO

Secretaría Xeral de Calidade e Avaliación Ambiental
Consellería de Medio Ambiente e Ordenación do Territorio
Xunta de Galicia

María Luz Macho Eiras

Subdirectora General de Meteorología y Cambio Climático

Lucas Luís Blanes Fernández

Director del Laboratorio de Medio Ambiente de Galicia (LMAG)

Nuria Gallego Fernández

Jefa de Sección de la Red de Calidad del Aire de Galicia

María Asunción Marchante Hernández

Técnico Superior de análisis en soporte de toma de muestras de aire ambiente (LMAG)

Loreto Gómez Tellado

Técnico Superior de la Red de Agua de Lluvia (LMAG)

Catalina Rodríguez Villazón

Técnico Superior de la Red de Calidad del Aire de Galicia

Anthony David Saunders Estévez

Técnico Superior de la Red de Calidad del Aire de Galicia

Ignacio Iván Fraga Moure

Técnico Auxiliar de la Red de Calidad del Aire de Galicia

ÍNDICE

1. Introducción	Pág. 4
2. Características de A Coruña y su Área Metropolitana	Pág. 5
3. Antecedentes	Pág. 6
4. Estaciones de Calidad del Aire en el Área Metropolitana de A Coruña	Pág. 9
5. Datos de PM en el Área Metropolitana de A Coruña en 2016	Pág. 14
6. Análisis de la concentración de PM ₁₀ en función de la dirección del viento	Pág. 21
7. Análisis de la concentración de PM ₁₀ con respecto a eventos meteorológicos: Intensidad del viento y altura de las olas.	Pág. 24
8. Análisis del agua de lluvia en Torre de Hércules y en Riazor	Pág. 28
9. Metodología para la determinación de la contribución de la sal marina en la fracción PM ₁₀ de la materia particulada	Pág. 36
9.1. Introducción	Pág. 36
9.2. Principios fundamentales	Pág. 37
9.3. Fuentes Naturales elegibles	Pág. 40
9.4. Metodología de descuento de las contribuciones de fuentes naturales	Pág. 42
9.5. Superaciones medidas y modelizadas	Pág. 46
9.6. Documentación e informes	Pág. 47
10. Obtención de datos para la demostración de la contribución del aerosol marino a las superaciones del VLD de PM ₁₀ en el Área Metropolitana de A Coruña en 2016	Pág. 48
10.1. Instalación de captadores gravimétricos de PM	Pág. 49
10.2. Procedimiento y resultados de la gravimetría	Pág. 51
10.3. Determinación de la concentración de Na ⁺ en los filtros	Pág. 54
10.4. Cálculo de la concentración de Sal Marina	Pág. 55
10.5. Análisis de la concentración de Sal Marina con respecto a eventos meteorológicos: La altura de las olas y la intensidad del viento	Pág. 57
11. Aplicación de los descuentos de sal marina a la concentración de PM ₁₀	Pág. 60
12. Descripción de los episodios de superación del valor límite diario de PM ₁₀ en Torre de Hércules en 2016	Pág. 64
13. Conclusiones	Pág. 194
14. Anexos	Pág. 196



1. INTRODUCCIÓN

La estación Torre de Hércules junto con las estaciones A Grela, Riazor y San Pedro, cuyos códigos se muestran en la Tabla 1, evalúa la calidad del aire en la zona ES1219, coincidente con el área metropolitana 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.

Tabla 1. Códigos Eol, local y código de zona de las estaciones de calidad del aire en el área metropolitana de A Coruña.

	Eol station code	Local station code	Zone code(s)
RIAZOR	ES1138A	15030001	ES1219
A GRELA	ES1798A	15030021	ES1219
TORRE DE HÉRCULES	ES1957A	15030027	ES1219
SAN PEDRO	ES20148A	15030028	ES1219

Durante el año 2016, se registraron valores elevados de PM₁₀ en la estación urbana de fondo de Torre de Hércules, 15030027, en A Coruña, que condujeron a la superación del valor límite diario (VLD) para este contaminante, ya que se registraron 64 superaciones del VLD, cuando según el apartado C del anexo I del Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire, la media diaria de PM₁₀ sólo puede superar el valor de 50 µg/m³ en 35 ocasiones a lo largo del año.

Esta circunstancia, se dio por primera vez durante diciembre de 2013 y el primer trimestre de 2014, momento en que coincidió en el tiempo con un encadenamiento de borrascas atlánticas infrecuente. La investigación de los hechos realizada tras estos sucesos, se refleja en el informe *“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.”*, disponible en http://www.meteogalicia.es/datosred/infoweb/caire/infomes/ESTUDIO/GL/Informe_Aerosol_Marino_Coruna.pdf.

En un primer momento, el trabajo 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. El citado informe sirvió para demostrar que las superaciones del VLD de PM₁₀ en 2014 en más ocasiones de las 35 permitidas eran atribuibles a una fuente natural, el aerosol marino.

En 2015 se repitió esta circunstancia y aplicamos de nuevo, el procedimiento para determinar la contribución de la sal marina en PM₁₀, descrito en 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. Esto se refleja en el informe *“PM₁₀ y PM_{2,5} en A Coruña en 2015 y la influencia del aerosol marino. Superaciones del VLD en la estación 15030027-Torre de Hércules (A Coruña). Año 2015.”*, disponible en: http://www.meteogalicia.gal/datosred/infoweb/caire/infomes/ESTUDIO/GL/Informe_Aerosol_Marino_Coruna_2015.pdf

De manera análoga, continuando con la sistemático de trabajo iniciada en 2014, con el presente informe se pretende, facilitar información acerca de las concentraciones y las fuentes y las pruebas que demuestren que, en la zona ES1219 (Área Metropolitana de A Coruña), las superaciones del valor límite diario de PM₁₀ en más ocasiones



de las 35 permitidas a lo largo del año en 2016, 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.



Imagen 1. Vista aérea de A Coruña.

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 ES1219 (Área Metropolitana de A Coruña), afectada por la superación del VLD de PM₁₀ en 2015 es, según el Decreto 167/2015, de 13 de noviembre, por el que establece la estructura orgánica de la Consellería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, la

Dirección Xeral de Calidade Ambiental e Cambio Climático, que asigna a la Subdirección Xeral de Meteoroloxía e Cambio Climático 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 Y SU ÁREA METROPOLITANA

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).

El municipio de A Coruña tiene una población de 243.978 habitantes (INE 2016), 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 Oleiros, Culleredo y Cambre, que forman la zona ES1219 (Área Metropolitana de A Coruña), que cuenta con 332.770. Esta área metropolitana junto a la cercana área metropolitana de Ferrol, forma una conurbación de 653.104 habitantes que aglutina a algo más de la mitad de la población total de la provincia.

La densidad de población de A Coruña es la mayor de Galicia y de las más altas de España (6449.32 hab/km²), ya que el término municipal cuenta con una extensión de 37,83 km². Si tenemos en cuenta al Área Metropolitana en conjunto, que cuenta con tiene 184 km², su densidad de población es de sensiblemente inferior (1808.53 hab/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, A Coruña y su área metropolitana están centradas 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. ANTECEDENTES

En la Tabla 2 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.

Tabla 2. Resumen estadístico de la concentración diaria de PM₁₀ en Torre de Hércules 2010-2016.

PM ₁₀	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010
Superaciones de 50 µg/m ³ en un día	64	63	63	17	20	30	0
Media en ug/m ³	36	37	36	29	27	31	12
Percentil 90.4	59	60	50	43	45	53	21
Porcentaje de datos válidos	99%	97%	87%	67%	93%	75%	48%

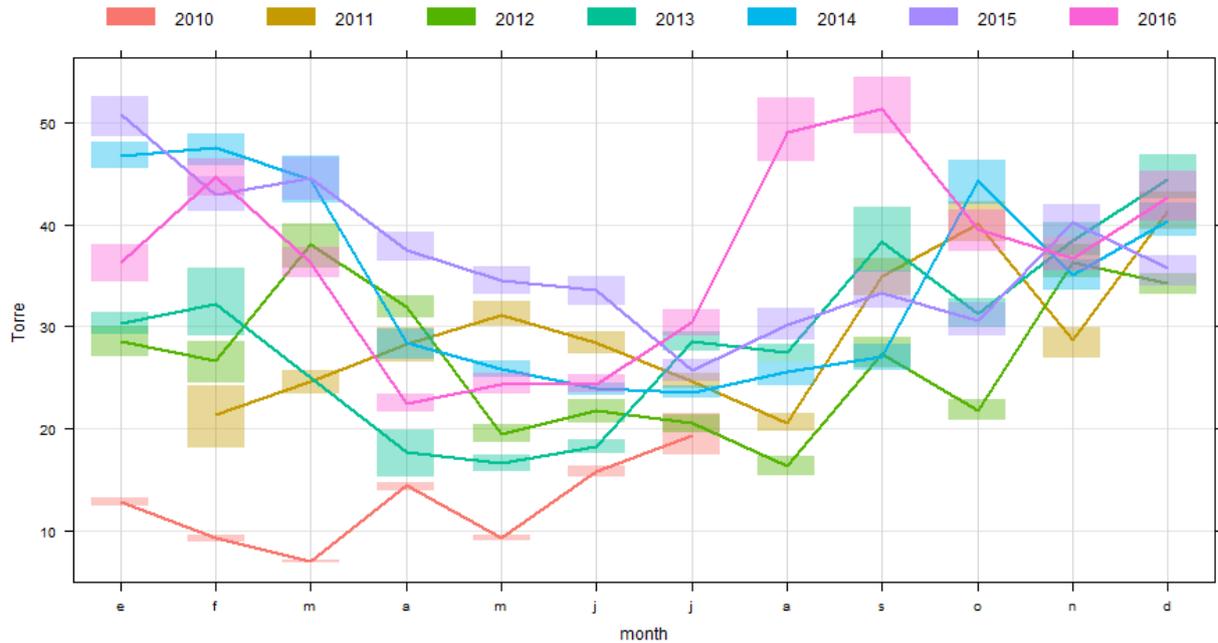
En los casos en los que el porcentaje de datos no es del 100%, podemos emplear el valor del percentil para saber cómo de cerca o lejos está la estación de calidad del aire de alcanzar el valor límite o si por el contrario se supera. El percentil X-ésimo identifica un dato de la serie ordenada de menor 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 2 vemos que en el año 2011 el valor del percentil 90.4 fue 53, pero durante este año el analizador sufrió múltiples averías y el porcentaje de datos fue bajo. Tanto la media como el número de superaciones del VLD en 2014, 2015 y 2016 destacan sobre el resto de años.

En la Gráfica 1 se representa la media mensual de cada año analizado. Observamos que 2010, que dispone de un bajo porcentaje de datos, sólo durante la primera 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, 2015 y 2016, que destacan por encima de los demás con diferencias importantes en la concentración, sobre todos los tres primeros meses del año. Como dato curioso, los máximos de toda la serie se registran en agosto y septiembre de 2016.

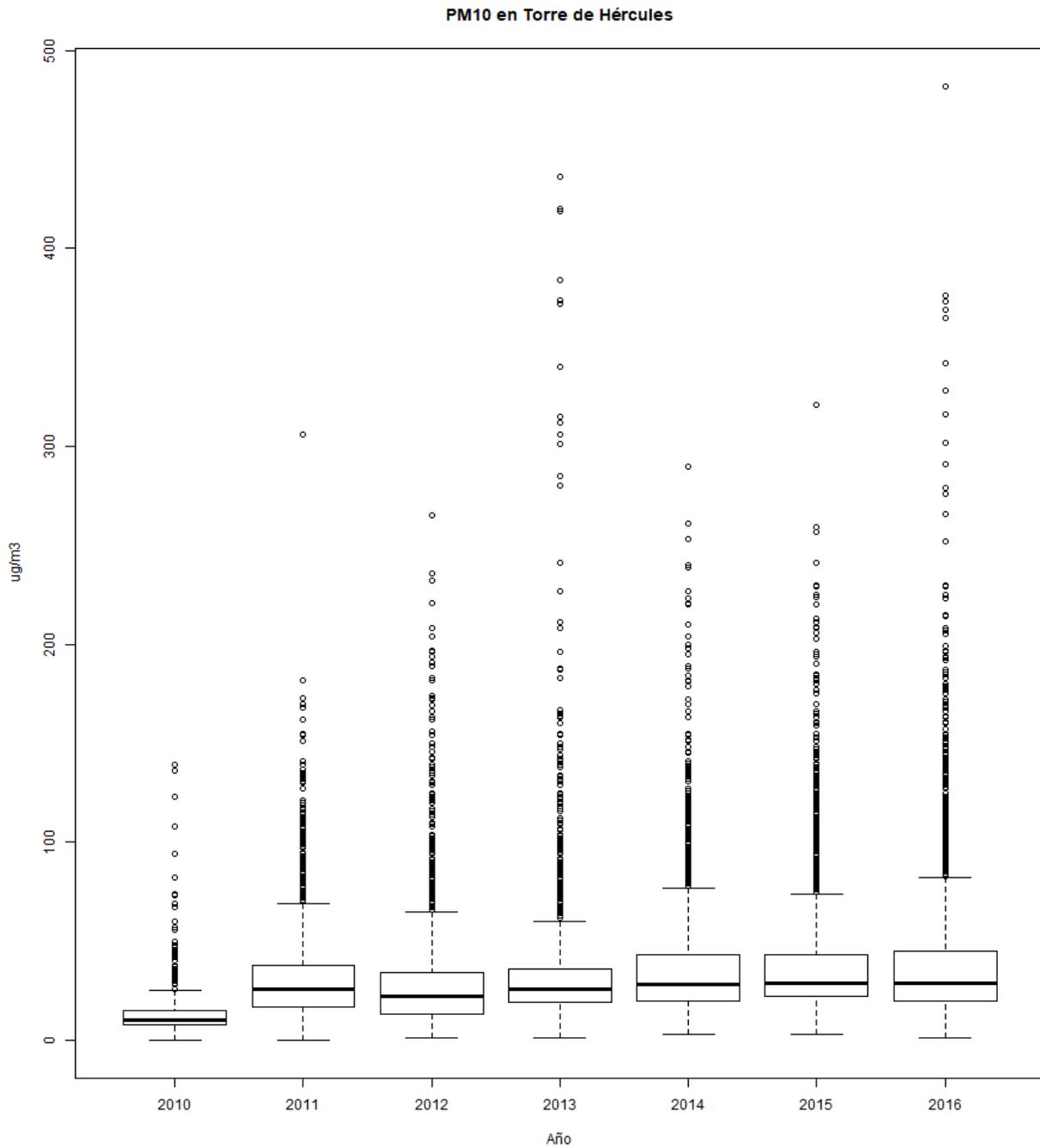


Gráfica 1. Concentración media mensual de PM_{10} en Torre de Hércules 2010-2016.

En la Gráfica 2 representamos en diagramas de cajas las medias diarias de PM_{10} obtenidas cada año entre 2010 y 2016 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.

El año 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.

El año 2015 tiene una dispersión de datos y un percentil similares a 2014, salvo que este último año presenta más casos extremos. En 2016 se repite la situación de 2015, pero presenta aún más de casos extremos. De hecho, este año se registra el valor más elevado de toda la serie histórica.



Gráfica 2. Concentración media diaria de PM₁₀ en Torre de Hércules 2010-2016.

Con estos resultados concluimos que con los datos de concentración de PM₁₀ obtenidos en Torre de Hércules en 2014, nos enfrentamos a una situación que no se había dado anteriormente, pero que se viene repitiendo desde entonces en 2015 y 2016.

La situación registrada en la estación de calidad del aire de Torre de Hércules durante el primer trimestre del año 2014 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. Por eso se llevaron a cabo una



serie de trabajos que se detallan en el informe “*PM10 y PM2,5 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.*”, que tuvieron como consecuencia el planteamiento de 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 2. 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.

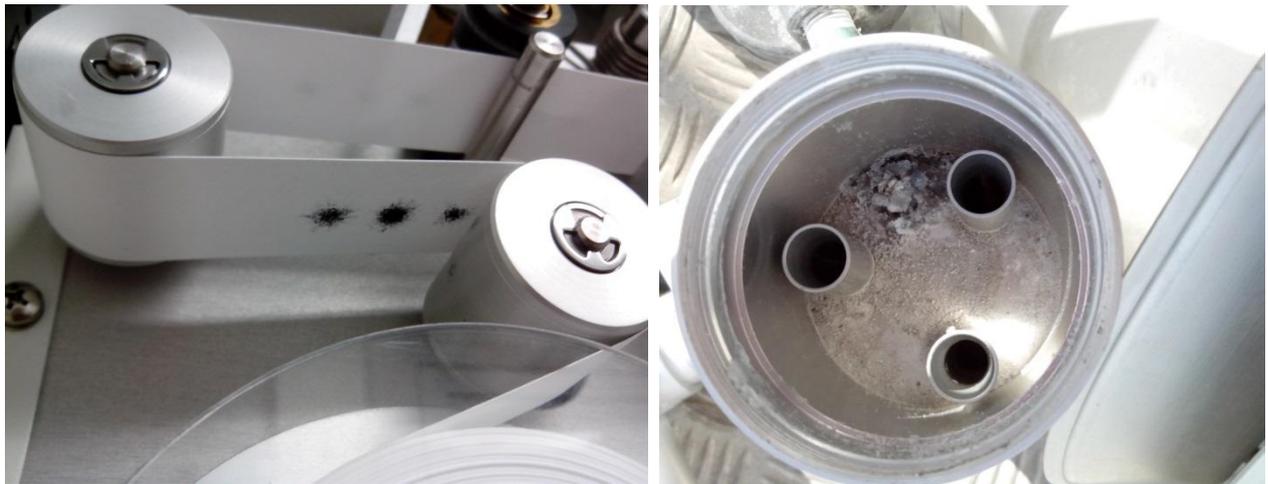


Imagen 2. Papel de filtro y cabezal de PM₁₀ del analizador automático de Torre de Hércules con sal cristalizada el 15/02/2016

La comprobación de la veracidad de la hipótesis y el establecimiento de la metodología de trabajo se detallan también en el estudio citado anteriormente.

4. ESTACIONES DE CALIDAD DEL AIRE EN EL ÁREA METROPOLITANA DE A CORUÑA

Durante todo el año 2016, la Red de Calidad del Aire de Galicia dispuso de cuatro 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 otras dos pertenecientes a la subred industrial mantenidas por SGL Carbón y Air Liquide, (A Grela y San Pedro) cuyos se reciben a tiempo real en la Subdirección de Meteoroloxía e Cambio Climático. En la Imagen 3 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 A Coruña con dirección NW.



Imagen 3. Localización de las estaciones de calidad del aire en A Coruña y área metropolitana.

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 (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}) y a 2,5 micras ($\text{PM}_{2,5}$) 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 4. Estación Torre de Hércules, en A Coruña



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 5. 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 5. Localización de la estación Torre de Hércules en A Coruña



Imagen 6. 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), black carbón (BC) 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 7. Está próxima al estadio de fútbol y en una calle con gran densidad de tráfico.



Imagen 7. Localización de la estación Riazor, en A Coruña.

En cuanto a 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, NO_x/NO₂ y PM_{2.5}.



Imagen 8. Estación A Grela, en A Coruña.

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.

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 9.



Imagen 9. Localización de la estación A Grela, en A Coruña.

Por último, la estación de San Pedro, perteneciente a la subred industrial de Air Liquide, es la de más reciente incorporación a la Red de Calidad del Aire de Galicia. Cuenta con analizadores de PM₁₀, SO₂ y NO_x/NO₂ que transmiten sus datos a tiempo real a la Xunta de Galicia desde el 31/07/2014. Sus datos validados se pueden consultar también en la página web www.meteogalicia.es/Caire.

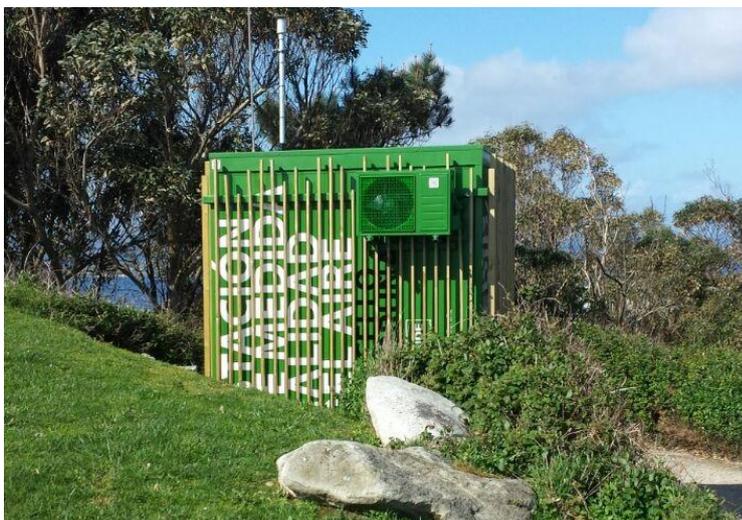


Imagen 10. Estación San Pedro, en A Coruña.

La Estación de A Grela está situada en el Parque do Monte de San Pedro, en el Concello de A Coruña.

Se encuentra en una zona suburbana, a unos cuatro kilómetros hacia el noroeste del complejo industrial de Air Liquide y del Polígono de A Grela-Bens.

La estación se localiza a escasos dos kilómetros del centro de la ciudad y muy cerca del barrio residencial de Los Rosales.



Imagen 11. Localización de la estación San Pedro, en A Coruña.

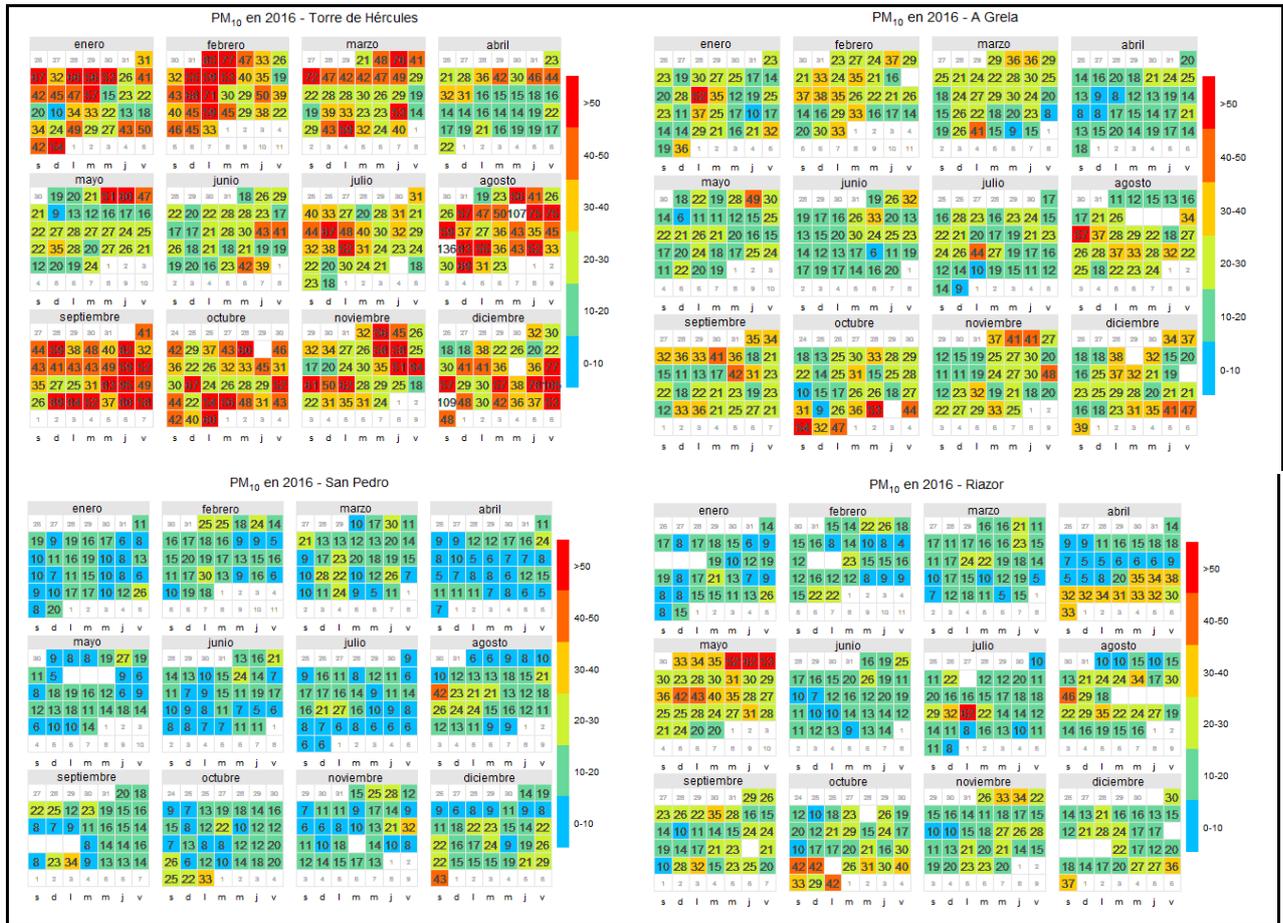
5. DATOS DE PM EN EL ÁREA METROPOLITANA DE A CORUÑA EN 2016

En la Tabla 3 se muestra el resumen de los datos de las cuatro estaciones de Calidad del aire en la zona ES1219 (área metropolitana de A Coruña) durante 2016. 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.

Tabla 3. Estadístico de PM₁₀ en las estaciones de A Coruña durante 2016.

PM ₁₀	Torre Hércules	Riazor	A Grela	San Pedro
Superaciones de 50 µg/m ³ en un día	64	4	4	0
Media en ug/m ³	36	19	23	14
Percentil 90.4	59	32	35	22
Porcentaje de datos válidos	98.6%	95.1%	98.1%	98.1%

En la Gráfica 3 se representan en negrita dentro del calendario, los días del año 2016 en los que hubo superación del valor límite diario en cada estación de A Coruña.



Gráfica 3. Concentración diaria de PM₁₀ en las estaciones de A Coruña representadas en forma de calendario para 2016.

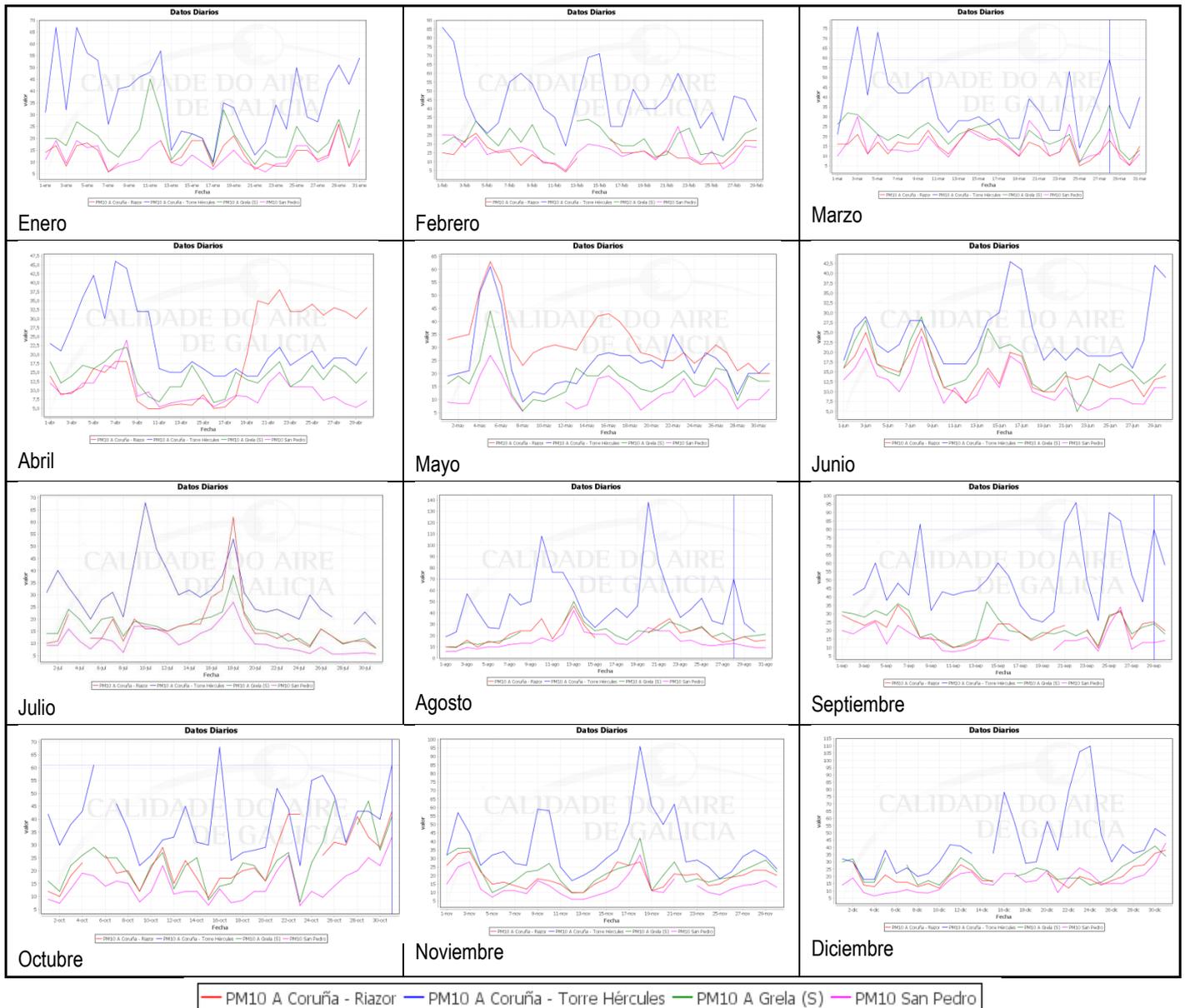
Arriba a la izquierda se muestra el calendario de superaciones de Torre de Hércules. En esta estación se registran superaciones del VLD de PM₁₀ de manera casi continuada entre enero y febrero. En marzo también se registran algunas superaciones del VLD, pero observamos que, sobre todo la primera quincena, tiene valores medios diarios elevados casi todos los días. Durante la primavera y comienzos del verano, apenas se registran superaciones del VLD, pero con el mes de agosto y hasta fin de año, tenemos un periodo casi continuo de superaciones del VLD.

Comparando estos resultados con los obtenidos en A Grela, que se representan arriba a la derecha de la Gráfica, y con San Pedro y Riazor que se representan en la parte inferior de la Gráfica, a la izquierda y a la derecha, respectivamente, vemos que el número de superaciones es muy inferior en estas tres estaciones. Vemos que A Grela, Riazor y San Pedro, aunque son estaciones de diferente clasificación porque una es industrial, otra de tráfico y la última suburbana, tienen datos de PM₁₀ comparables (sobre todo A Grela y Riazor), que en ningún caso se pueden comparar con los datos de PM₁₀ de Torre de Hércules.

A continuación, en la Gráfica 4 se representan las concentraciones diarias de PM₁₀ medidas mensualmente en las cuatro estaciones del área metropolitana 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, el verde los de A Grela y el fucsia los de San Pedro. Durante todos los meses del año, Riazor, A Grela y San Pedro 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 inverno, mientras que en primavera esta diferencia de concentración disminuye e incluso en verano hay muchos días en que las cuatro estaciones se comportan de la misma manera. Incluso durante parte el final del mes de abril, cuando se realizaron obras de asfaltado cerca de la estación de Riazor, la concentración de PM10 en esta estación fue superior a las otras tres. Curiosamente, este año, a diferencia de los años estudiados anteriormente, encontramos que durante los meses de verano las concentraciones de PM10 en Torre también son muy superiores a las de las otras estaciones.



Grafica 4. Concentración diaria de PM₁₀ en las estaciones de A Coruña representadas mes a mes durante 2016.

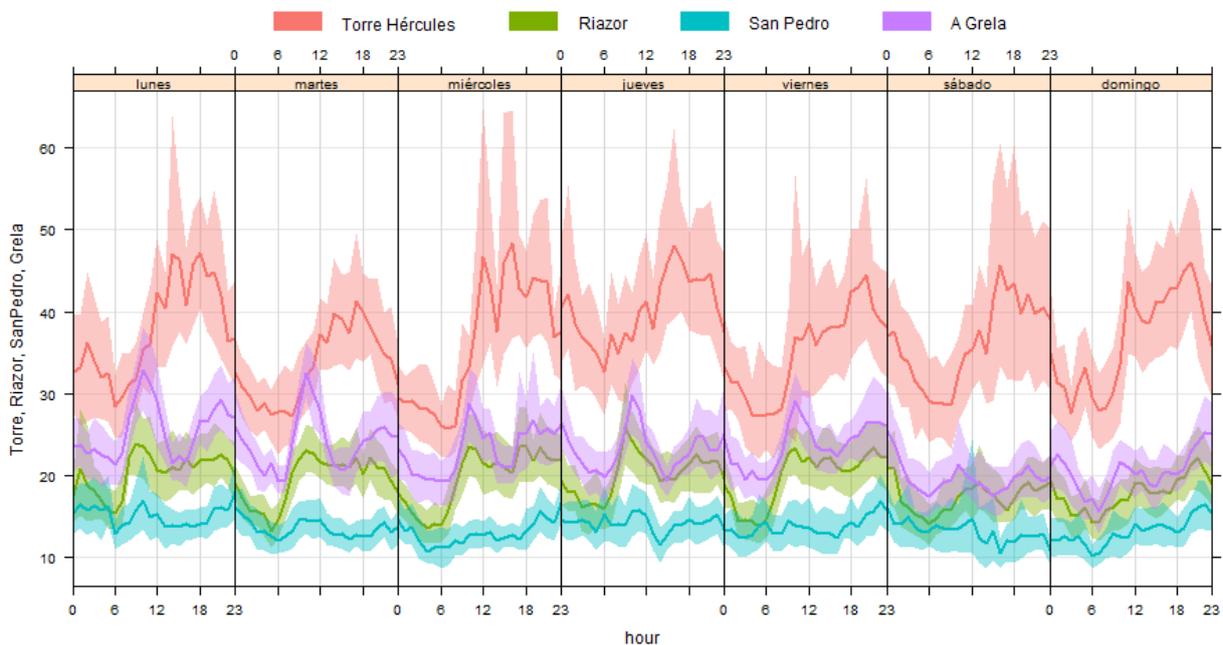


Sabemos que algunas de las características del aerosol marino son:

- 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.

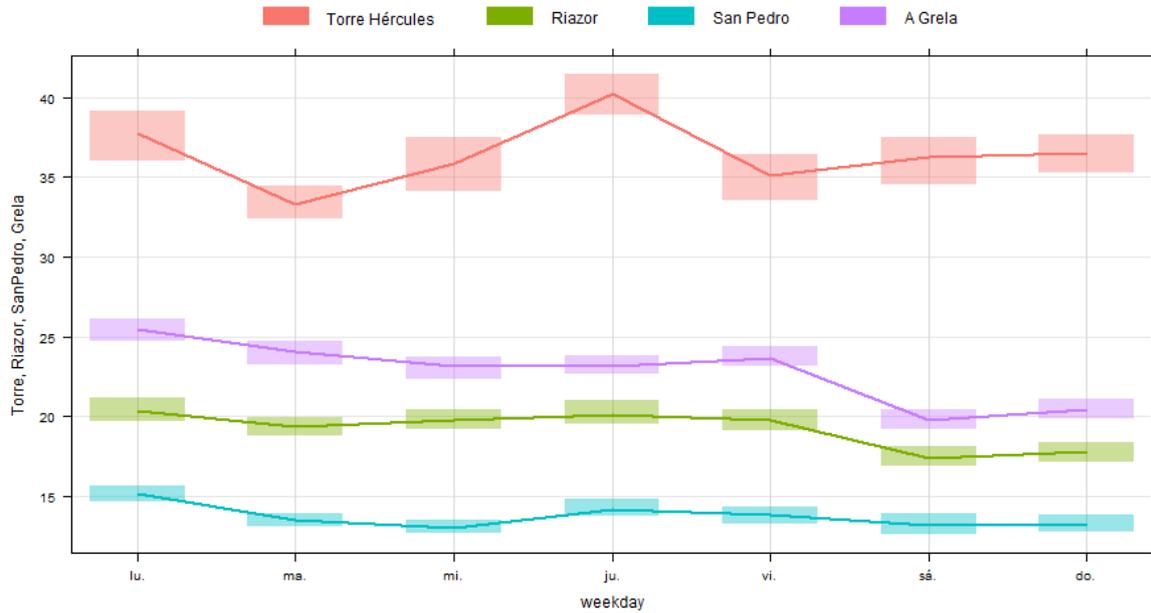
Podemos ver estas características si analizamos los datos horarios de PM₁₀ en 2016, obtenidas en las cuatro estaciones de A Coruña con los analizadores automáticos y representados en las Gráficas 5-8, con los datos de Riazor y A Grela en verde y en azul y los de la estación Torre de Hércules y San Pedro en rosa y lila. Lo primero que podemos ver en estas gráficas es que en las cuatro representaciones de la concentración de PM₁₀, la hallada en Torre es muy superior a la hallada en Riazor, en A Grela y en San Pedro. Esto pone de manifiesto que la contribución al PM₁₀ del aerosol marino decae rápidamente al alejarnos del mar.

En la Gráfica 5, vemos que el PM₁₀ en Riazor y A Grela tienen el mismo comportamiento los 7 días de la semana como las 24 horas de día. Ambas siguen un perfil de concentración de PM₁₀ asociado al tráfico rodado. La estación de San Pedro también sigue este perfil pero de manera menos acusada, lo cual nos muestra que en esta estación la contribución del tráfico es menos importante. Sin embargo, los datos de PM₁₀ en Torre, además de ser superiores todos los días, siguen un perfil diferente que muestra una mayor dispersión en los datos.



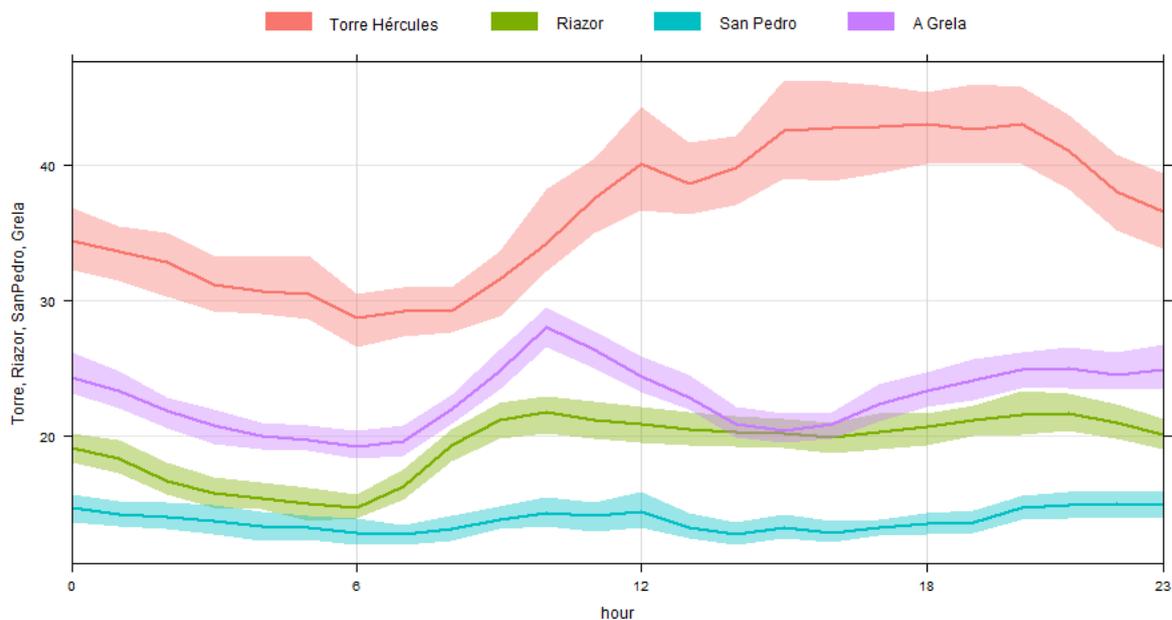
Gráfica 5. Concentración horaria de PM₁₀ en las estaciones de A Coruña cada día de la semana durante 2016.

En la Gráfica 6 se representa la concentración media de PM₁₀ cada día de la semana en cada una de las cuatro estaciones de A Coruña. Vemos que tanto en Riazor como en A Grela se produce un máximo de concentración el lunes y luego se mantiene más o menos estable hasta el viernes, con una disminución importante el fin de semana. La estación de San Pedro también sigue este perfil pero de manera menos acusada, lo cual nos muestra que en esta estación la contribución del tráfico es menos importante. Sin embargo, los datos de PM₁₀ en Torre, además de ser superiores todos los días, siguen un perfil diferente que muestra una mayor dispersión en los datos.



Grafica 6. Concentración de PM₁₀ en las estaciones de A Coruña cada día de la semana durante 2016.

En la Gráfica 7 se representa la concentración de PM₁₀ en las cuatro 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.

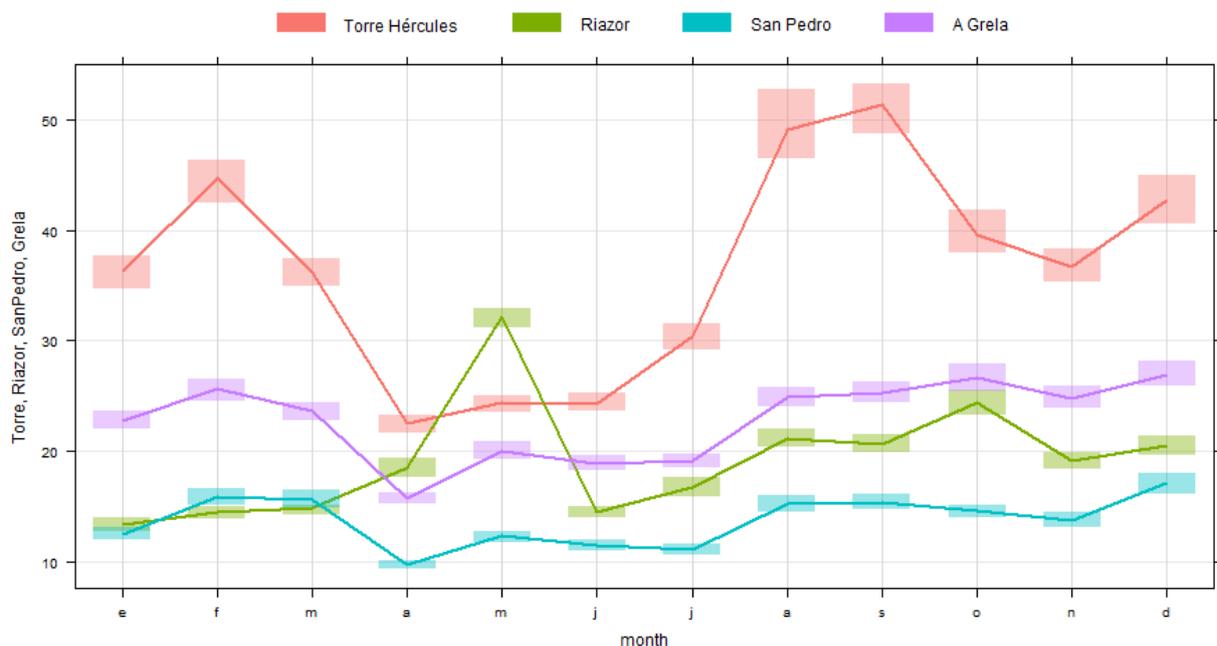


Grafica 7. Concentración horaria de PM₁₀ en las estaciones de A Coruña durante 2016.



La única diferencia entre Riazor y A Grela en la Gráfica 7, es que en Riazor apenas hay disminución de la concentración de PM_{10} ente los dos máximos diarios porque en esta zona la actividad no tiene un horario tan marcado como en el polígono industrial. En San Pedro se sigue el mismo perfil que en A Grela, pero con los máximos mucho menos pronunciados, porque tiene mucha menos contribución del tráfico, ya que se trata de una estación suburbana. En Torre también hay un primer máximo, pero es a las 13:00 y la concentración de PM_{10} 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 la Gráfica 8 se representa la concentración de PM_{10} de las cuatro estaciones de A Coruña en función de los meses del año. Como en los casos anteriores, la concentración de PM_{10} en Torre es muy superior a la de las otras tres estaciones, salvo en el mes de mayo, cuando hubo obras próximas a la estación de Riazor. Pero además, vemos que en los meses de otoño e invierno, a los que hay que sumar agosto este año, la concentración de PM_{10} es muy superior a la medida en los meses de primavera y resto del verano, y que esta tendencia se da en las cuatro estaciones de calidad del aire, por lo que se pone de manifiesto que la contribución del aerosol marino se da durante todo el año pero con diferente intensidad.

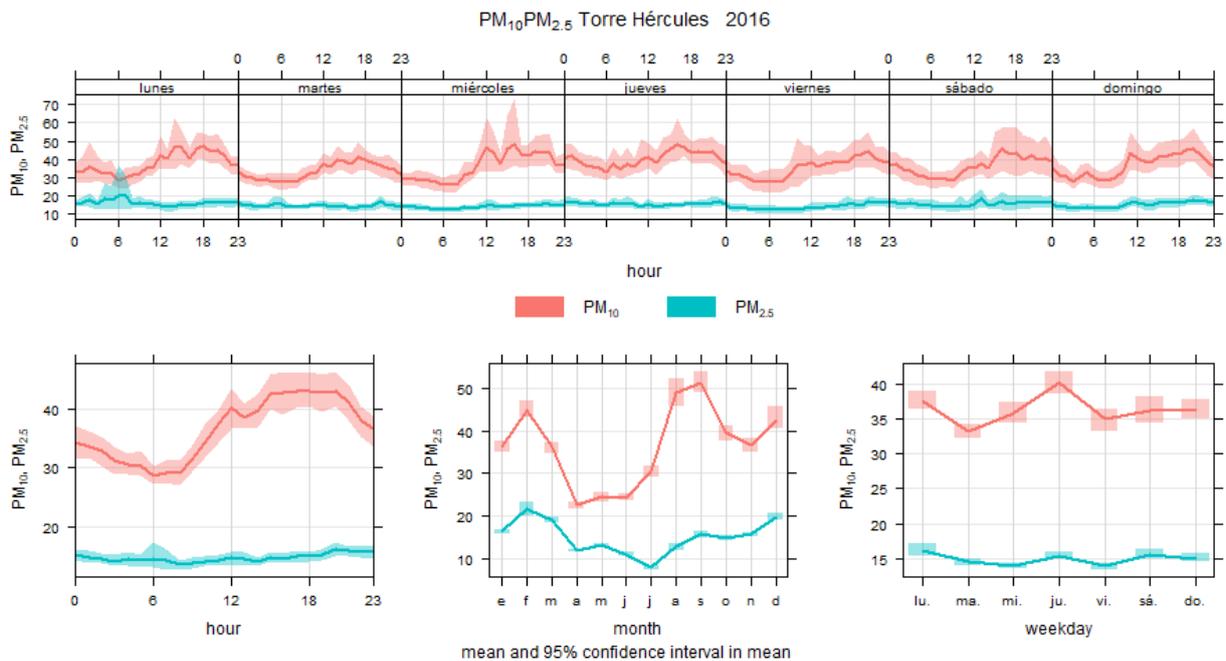


Gráfica 8. Concentración mensual de PM_{10} en las estaciones de A Coruña durante 2016.

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 2016 en la estación Torre de Hércules, que se muestra en función del tiempo en la Gráfica 9. 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 9 vemos la concentración de PM en función de los meses del año. Tanto para PM_{2,5} como para PM₁₀ 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 9. Concentración de PM₁₀ y PM_{2,5} en la estación Torre de Hércules representadas en función del tiempo en 2016

Para finalizar este apartado, en la Tabla 4 se muestran las concentraciones medias anuales de PM_{2,5} obtenidas desde 2011 hasta 2016 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 sufrido primero una disminución y se mantiene constante en los tres últimos años del periodo estudiado.

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

IME	
2011	22 µg/m ³
2012	20 µg/m ³
2013	16 µg/m ³
2014	15 µg/m ³
2015	15 µg/m ³
2016	15 µg/m ³



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

En la Imagen 12 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.

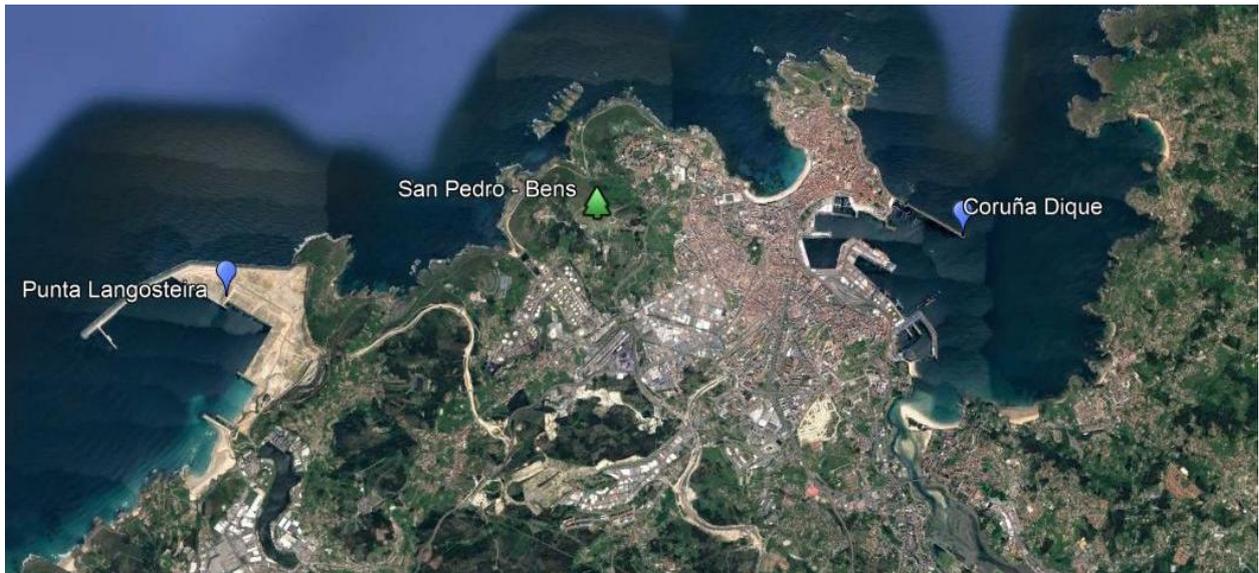
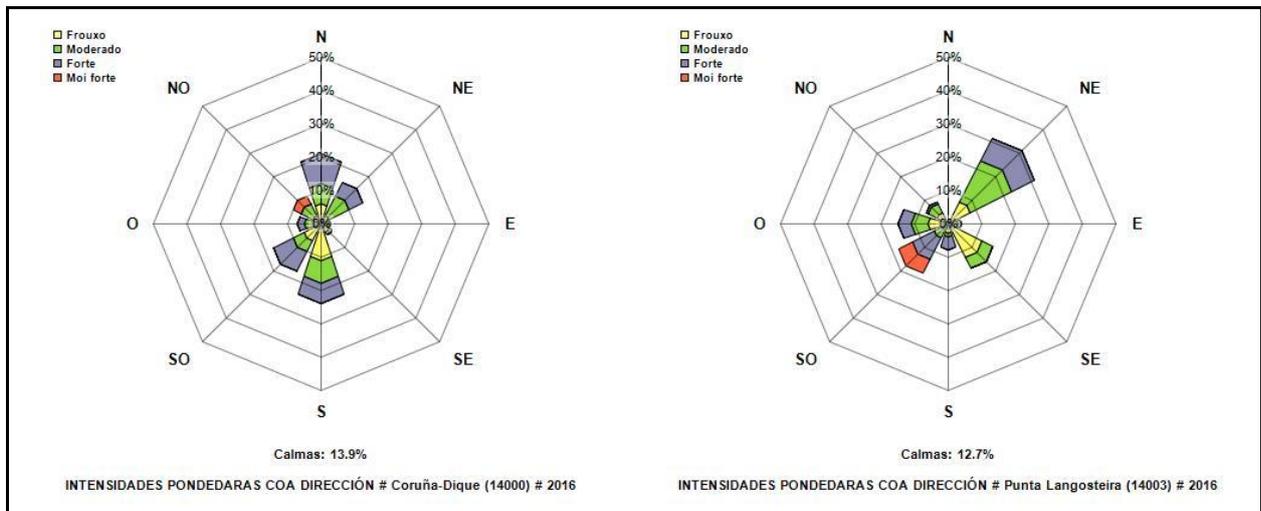


Imagen 12. Localización de las estaciones de MeteoGalicia Coruña-Dique y Punta Langosteira.

La Gráfica 10 muestra la rosa de los vientos de 2016 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 10 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 10. Rosas de los vientos de las estaciones de MeteoGalicia Coruña-Dique y Punta Langosteira en 2016.

La explicación a esta diferencia, como podemos observar en la Imagen 13 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.

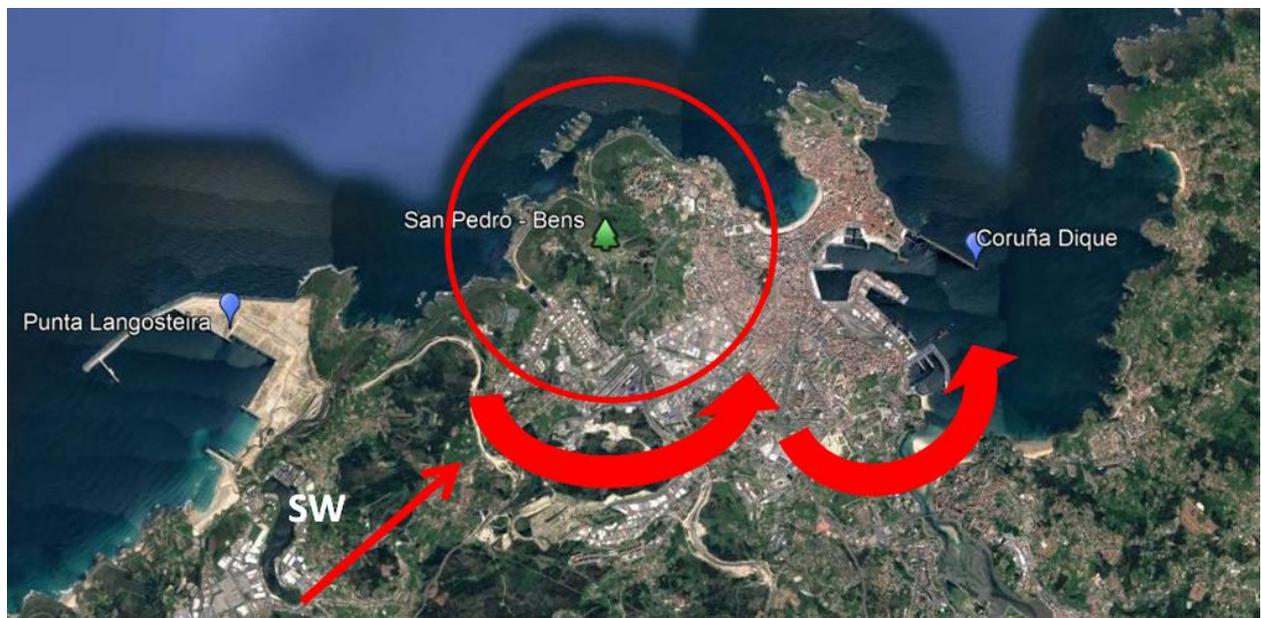
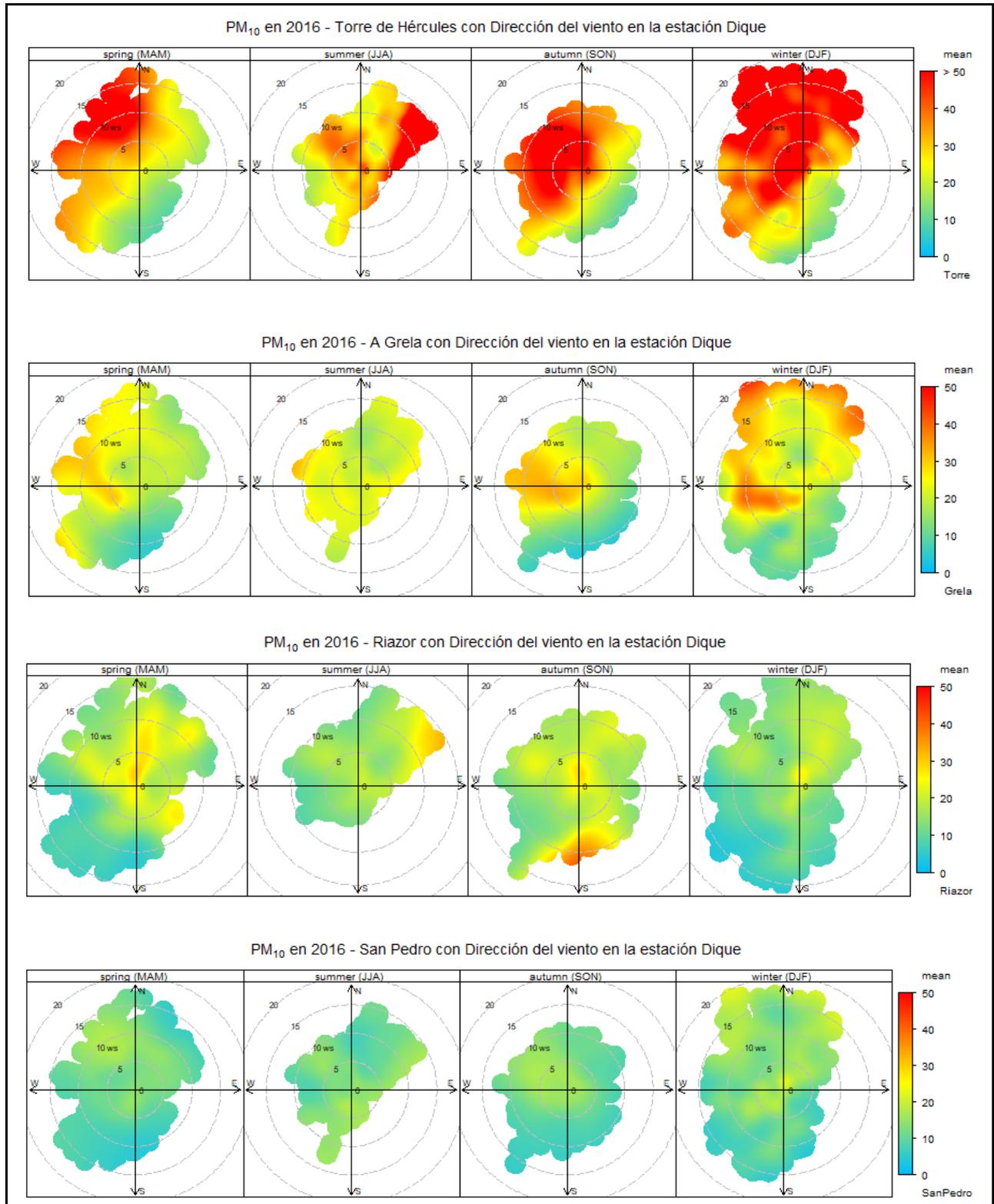


Imagen 13. Circulación del viento en A Coruña.

Si tenemos en cuenta la dirección del viento en 2016 tomada en la estación meteorológica de MeteoGalicia situada en Coruña-Dique, podemos representar en la Gráfica 11 la concentración de PM₁₀ durante las distintas estaciones del año con respecto a la dirección y la intensidad del viento en las cuatro estaciones de calidad del aire de A Coruña, Torre de Hércules, A Grela, Riazor y San Pedro, por este orden.



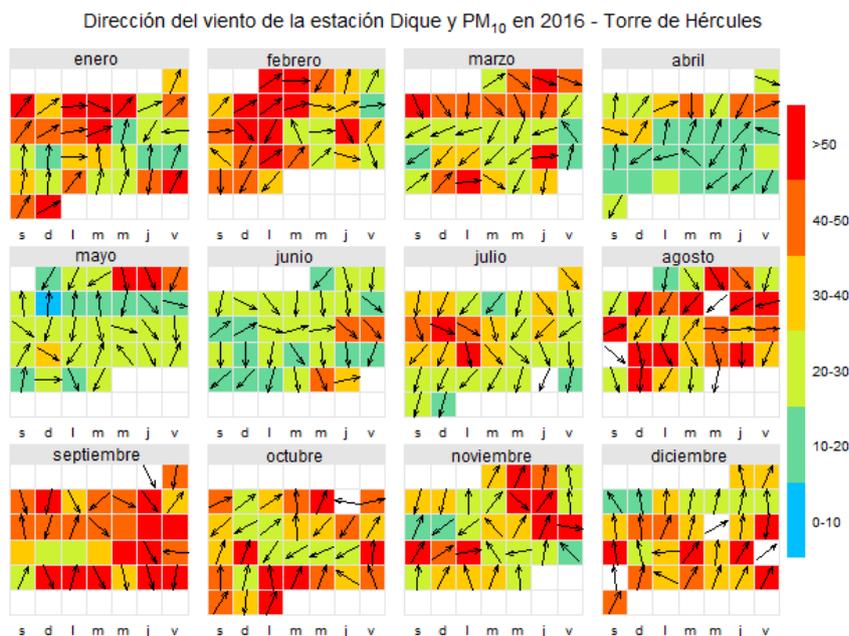
Gráfica 11. Concentración de PM₁₀ segregada por estación del año en las estaciones de calidad del aire de A Coruña Torre de Hércules, A Grela, Riazor y San Pedro durante 2016 en función de la dirección y la intensidad del viento en Coruña-Dique.



En las estaciones de A Grela, Riazor y San Pedro, vemos que varía según la estación del año la dirección del viento predominante en la que encontramos las mayores concentraciones de PM10. El motivo es que están muy influenciadas por el tráfico rodado.

Vemos que en la estación de torre encontramos las concentraciones de PM10 más elevadas con dirección del viento NW durante todo el año y que en verano tenemos un aporte muy importante del viento del NE, mientras que el resto del año vemos mayor influencia de NW y SW. Si volvemos a la Imagen 3 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. Además, esta es la dirección del viento en la que entran las borrascas atlánticas

Dada la particular localización de la estación Torre de Hércules, vemos que también cuando recibe vientos de componente S-SW, está recibiendo aporte directamente del mar. Esta situación se representa en la Gráfica 12, donde vemos en rojo los días del año en que se produjeron superaciones del VLD de PM10 y la dirección del viento asociada.



Gráfica 12. Concentración media diaria de PM₁₀ medida en Torre de Hércules representada en rojo cuando es superior al VLD y dirección del viento en la estación Coruña-Dique durante 2016.

7. ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE PM₁₀ CON RESPECTO A EVENTOS METEOROLÓGICOS: INTENSIDAD DEL VIENTO Y ALTURA DE LAS OLAS

El Departamento de Predicción Numérica de MeteGalicia, perteneciente a la Subdirección de Meteorología y Cambio Climático 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 en el informe “PM10 y PM2,5 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.”



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.

Teniendo en cuenta estas conclusiones, realizamos el análisis de los datos de 2016 comparando los datos de concentración de PM₁₀ obtenidos en Torre de Hércules cada día de 2016 con los eventos meteorológicos asociados a la racha de viento y a la altura de las olas.

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 5 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).

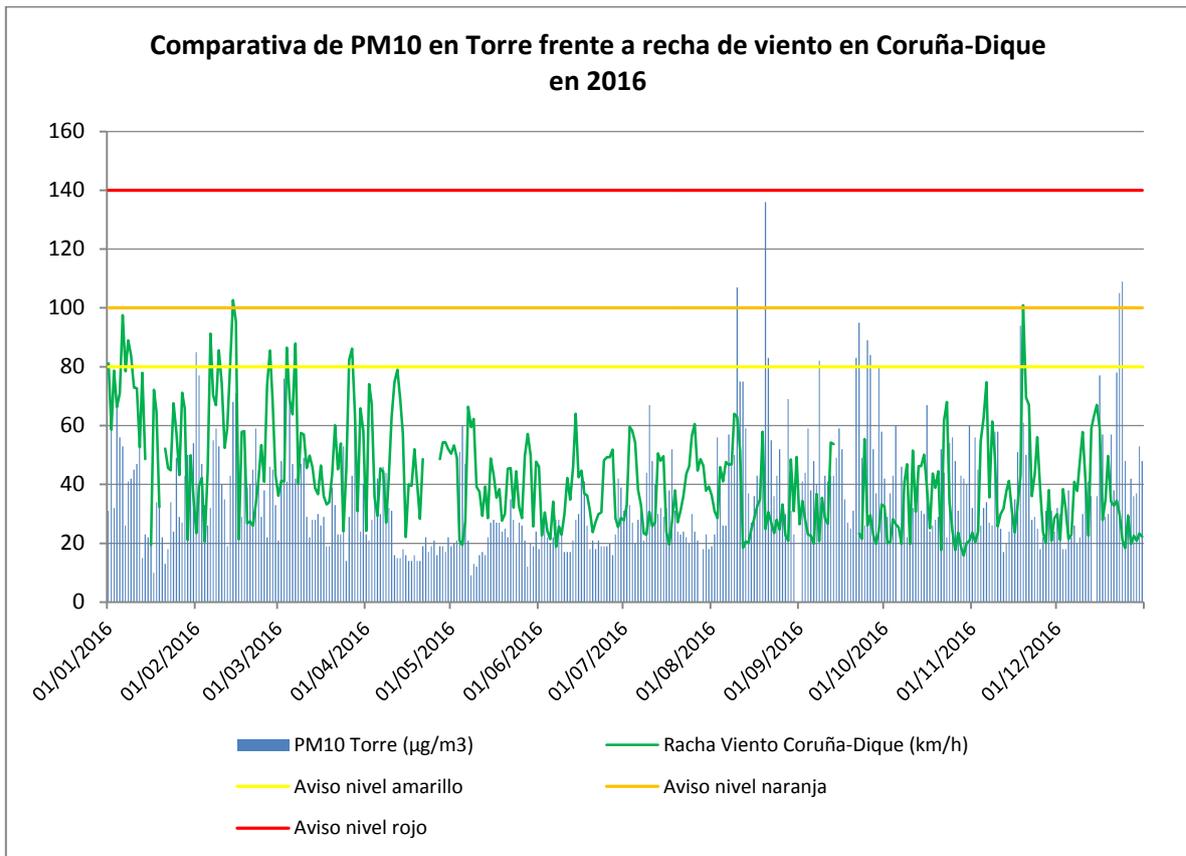
Nivel rojo: El riesgo meteorológico es extremo (fenómenos meteorológicos no habituales de intensidad excepcional).

Tabla 5. Umbrales y niveles de aviso para altura de las olas y velocidad del viento, según MeteoGalicia.

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

En la Tabla A del anexo I de este informe se muestran los datos de concentración de PM₁₀, en µg/m³ obtenidos con el analizador automático y con el gravimétrico durante el año 2016 en la estación de Torre de Hércules. 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.

Tanto en la Tabla A como en la Gráfica 13 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 PM₁₀ obtenida en la estación de Torre. Se marca en amarillo la línea que define las rachas de viento superiores a 80 Km/h, correspondientes al aviso amarillo y en naranja las superiores a 100 km/h, correspondientes al aviso naranja. En todo el 2015 no se ha medido ninguna racha de viento superior a 140 km/h, correspondiente al aviso rojo. De hecho, vemos que muy pocas de las superaciones del VLD se dan cuando se sobrepasan los valores del umbral de aviso de nivel amarillo, en la mayoría de las ocasiones la racha de viento es inferior a 80 km/h.

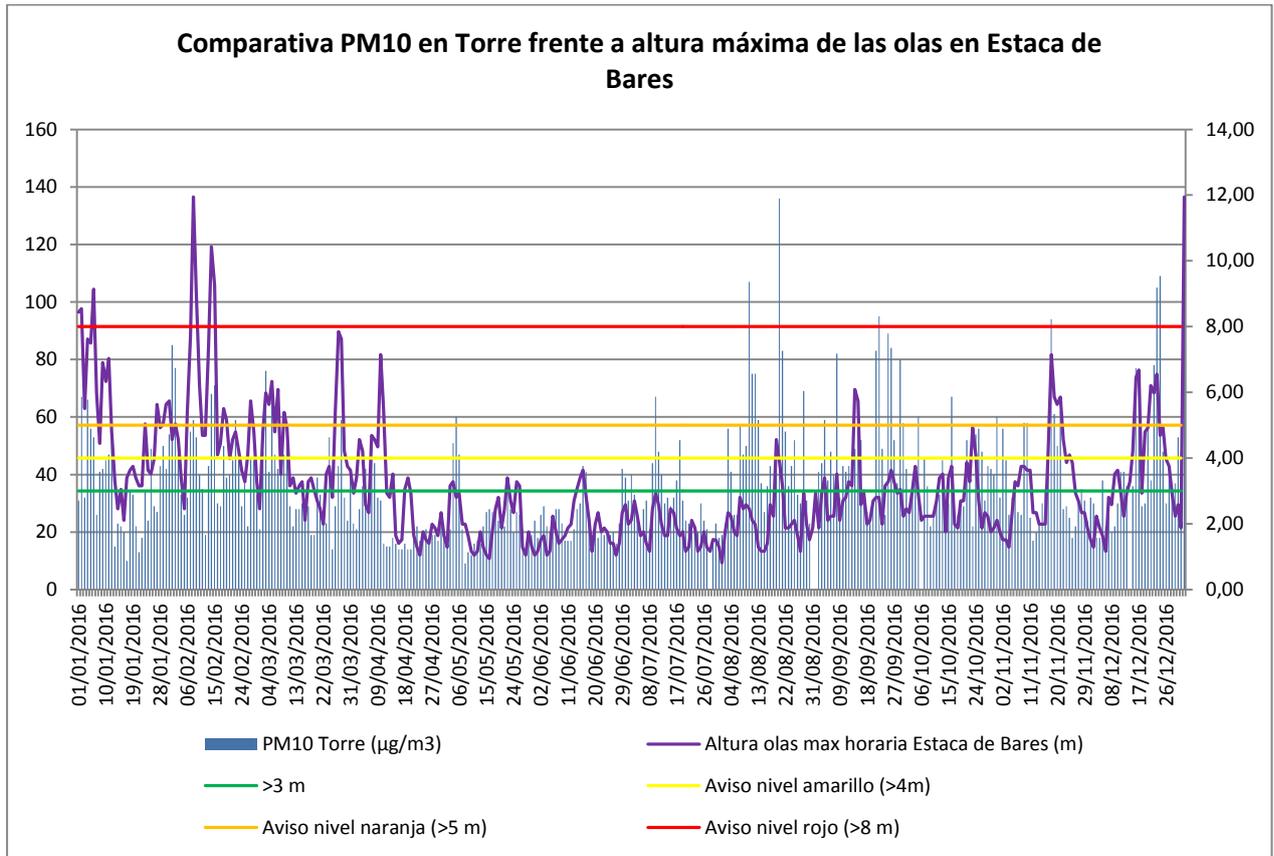


Gráfica 13. Serie temporal de la evolución de las concentraciones de PM_{10} en Torre, en $\mu g/m^3$, y de la racha de viento en Coruña-Dique, en km/h durante 2016.

En la Tabla A del anexo I se muestran también 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. Tomamos los datos de la Boya de Estaca de Bares porque presentan una mayor cobertura temporal.

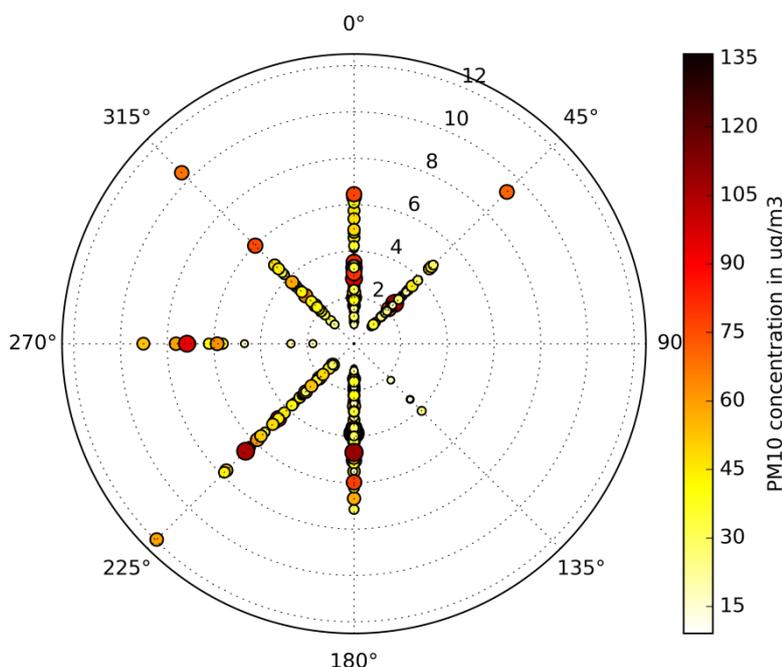
Si repetimos el análisis de la Gráfica 13, pero teniendo en cuenta la altura de las olas en vez de la racha de viento, vemos tanto en la Tabla A como en la Gráfica 14, que en este caso sí que existe relación y que cuando tenemos alturas de ola elevadas, tenemos aumentos en la concentración de PM_{10} en la estación Torre de Hércules. Se dibuja en verde la línea que marca la altura de las olas superior a 3 m, en amarillo superior a 4 m, correspondiente con el aviso amarillo, en naranja de más de 5 m correspondiente con el aviso naranja y en rojo de más de 8 m, correspondiente con el aviso rojo.

Observamos que los aumentos de la altura de las olas, sobre todo en los casos en que superan los 3 m de altura, conllevan un incremento de la concentración de las partículas PM_{10} y en el porcentaje de sal marina en PM_{10} . Estos resultados son los mismos que se encontraron en el análisis preliminar realizado por el Departamento de Predicción Numérica de MeteoGalicia.



Gráfica 14. Serie temporal de la evolución de las concentraciones de PM₁₀ en Torre, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, (eje izquierdo) y de la altura máxima horaria de las olas, en m, en la boya de Estaca de Bares (eje derecho) durante 2016.

Si en el análisis incluimos la dirección y la velocidad del viento, observamos que, en general, las superaciones del VLD de PM₁₀, destacadas en círculos grandes, se producen con vientos de todas direcciones excepto de componente E, 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.



El estudio inicial concluía que, a la vista de todo lo anterior, la atribución de las elevadas concentraciones de PM₁₀ durante el primer trimestre de 2014 al efecto combinado de las olas y los vientos de origen marino resulta razonable. El análisis realizado con los datos obtenidos en 2015 nos proporcionó la misma conclusión. Y realizando de nuevo el análisis con los datos de 2016, las conclusiones vuelven a ser las mismas.

Gráfica 15. Concentración de PM₁₀ (en colores) en coordenadas polares: altura de las olas (distancia al centro, dirección del viento (ángulo) y velocidad del viento (arrosor del punto), en 2016



8. 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.



Imagen 14. Equipo colector de agua de lluvia (captador de polvo sedimentable) en Riazor

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 Riazor, donde ya existía un colector de agua de lluvia de deposición total como el que se muestra en la Imagen 14.

En la Imagen 14 se muestra el colector de agua de lluvia localizado en la estación Riazor, que es igual al situado en Torre, que se muestra en la Imagen 15. 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 15. Equipo colector de agua de lluvia (captador de polvo sedimentable) en Torre de Hércules.

En la Imagen 16 se muestran los puntos de muestreo de agua de lluvia por deposición total que tenemos en Galicia:

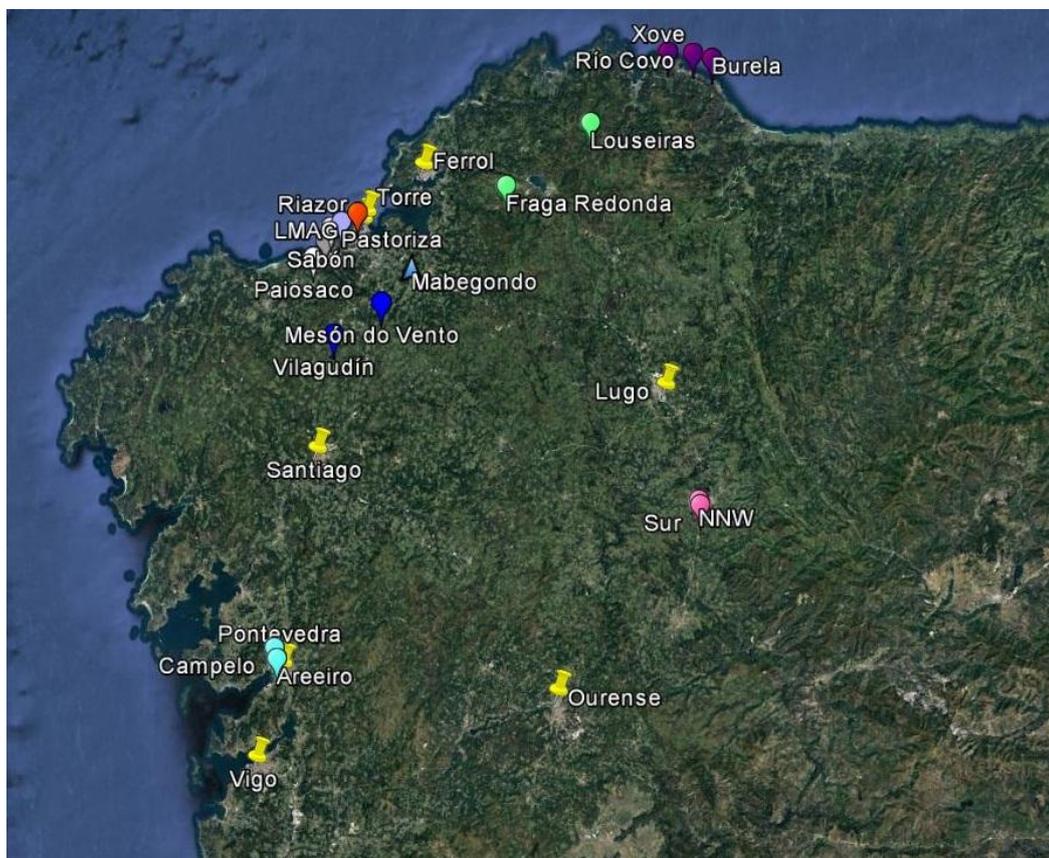
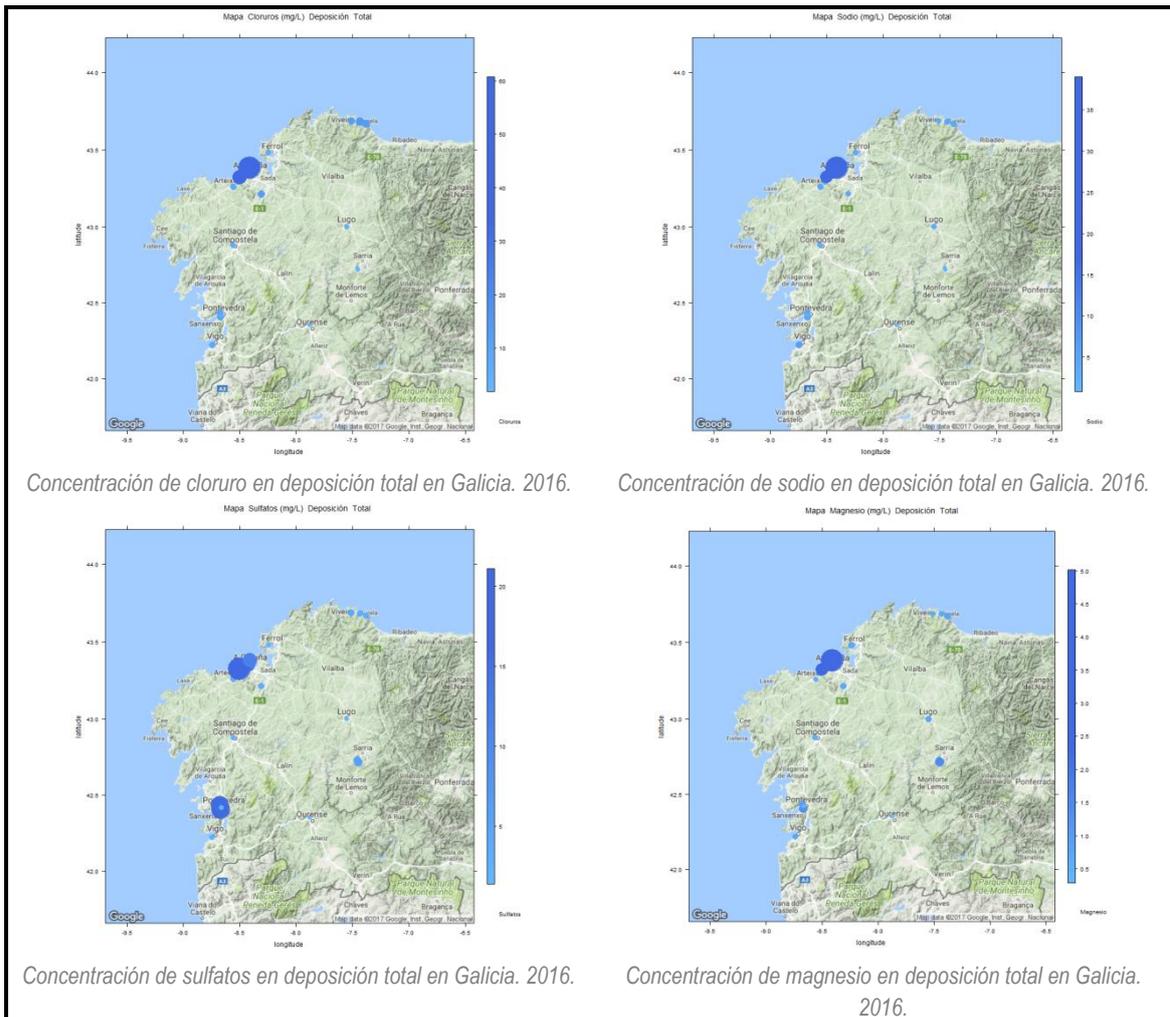


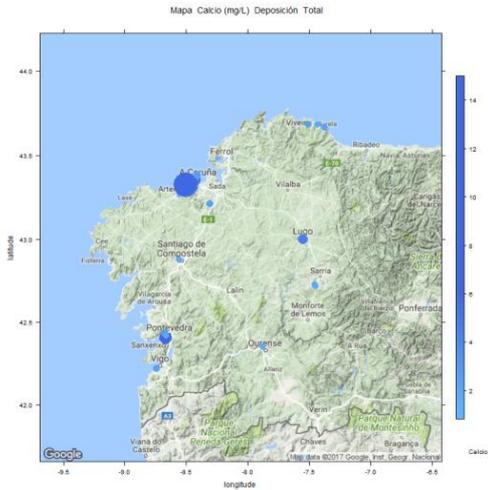
Imagen 16. Puntos de muestreo de agua de lluvia en Galicia de deposición total.



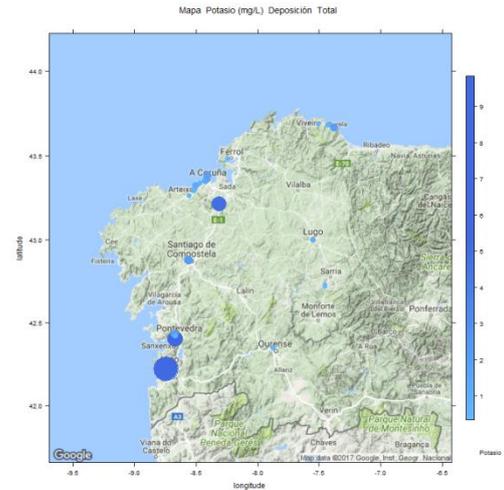
Los principales iones en las muestras de aerosol marino, según se indica en el documento de trabajo de la comisión de 15/02/2011 y que se reproducen en la Tabla 7 son cloruro, sodio, sulfato, magnesio, calcio y potasio, y en menos cantidad bicarbonato, bromuro, borato, estroncio y fluoruro, que se analizan de manera rutinaria por cromatografía iónica o por ICP-OES o ICP-MS, tanto en el caso del agua de lluvia como en la fracción PM₁₀ de la materia particulada. El agua de lluvia en las zonas costeras debe estar influenciada en su composición por el aerosol marino y la concentración de estos elementos deben ser mayor que en zonas del interior de Galicia.

Esta circunstancia aprecia en la Grafica 16, donde se representan en mapas de Galicia la concentración en agua de lluvia, en mg/L, de cloruro, sodio, sulfatos, magnesio, calcio, potasio, bromuro, estroncio y fluoruro en deposición total para el año 2016. Vemos que la Costa Ártabra es la que presenta mayores concentraciones de todos estos componentes característicos del agua de mar. Como salvedades, cabe señalar la concentración de potasio, que es incluso más elevada en Mabegondo, Pontevedra y Vigo que en la zona de A Coruña. La causa puede ser que el potasio es un componente característico de los abonos, y se encuentra en todas las zonas en las que se llevan a cabo labores agrícolas. También la concentración de magnesio en Oural, en el interior de la provincia de Lugo, que tiene como fuente una explotación de magnesita cáustica. La última salvedad es la concentración de estroncio en Lugo, cuyas causas de momento, son desconocidas.

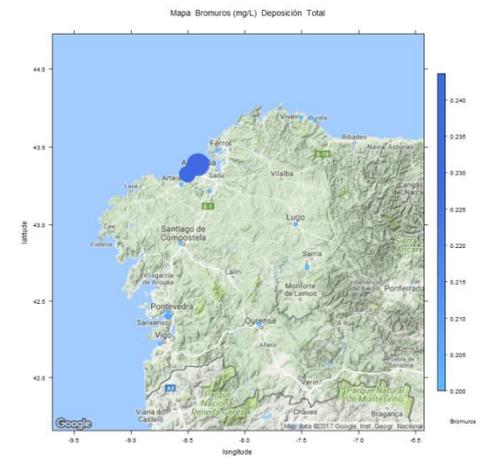




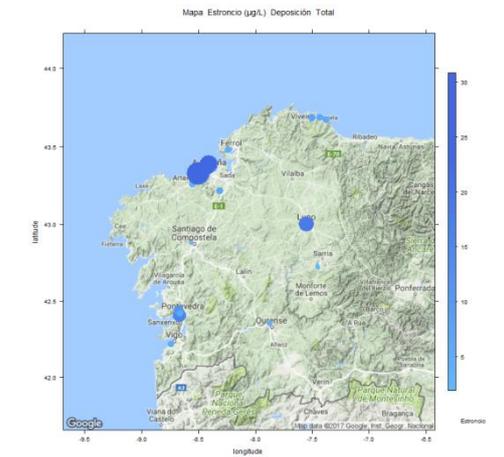
Concentración de calcio en deposición total en Galicia. 2016.



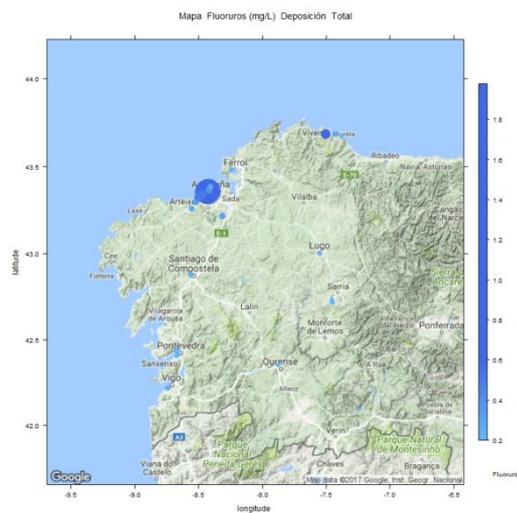
Concentración de potasio en deposición total en Galicia. 2016.



Concentración de bromuro en deposición total en Galicia. 2016.



Concentración de estroncio en deposición total en Galicia. 2016.

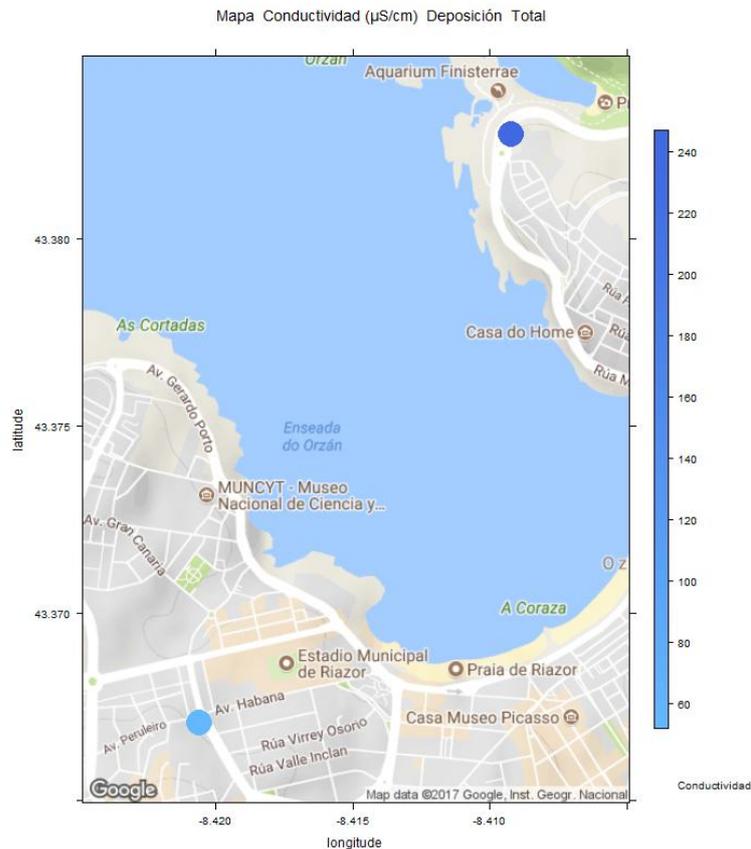


Concentración de fluoruro en deposición total en Galicia. 2016.

Gráfica 16. Concentración, en mg/L, de los principales componentes del agua de mar obtenidos por deposición total en el agua de lluvia en Galicia en 2016.



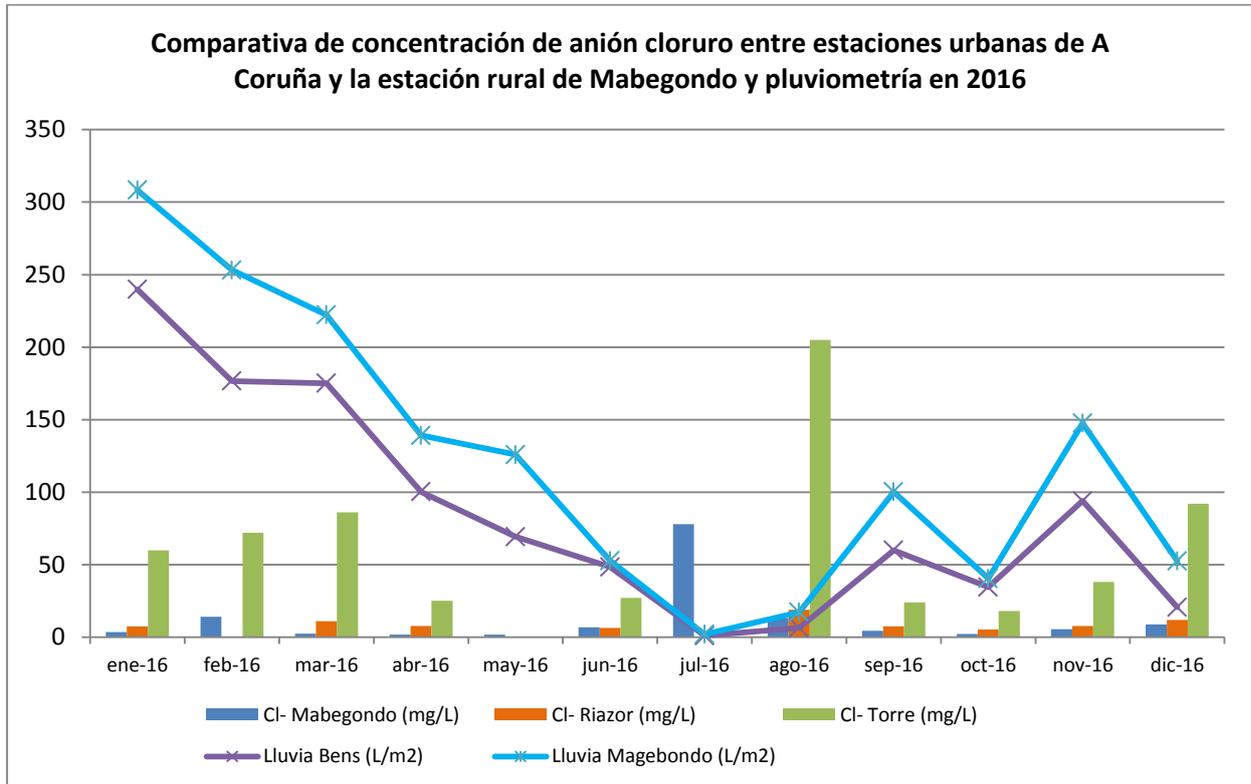
El agua de mar proporciona al agua de lluvia una salinidad mayor de la que tendría si no existiera este aporte, lo cual se traduce en una mayor conductividad. En la Gráfica 17 comparamos la conductividad del agua de lluvia, en $\mu\text{S/cm}$, recogida en Riazor con la de Torre. Vemos que la conductividad en Torre es mucho mayor que en Riazor, lo cual nos muestra que el aporte del agua de mar al agua de lluvia también decae muy rápidamente con la distancia.



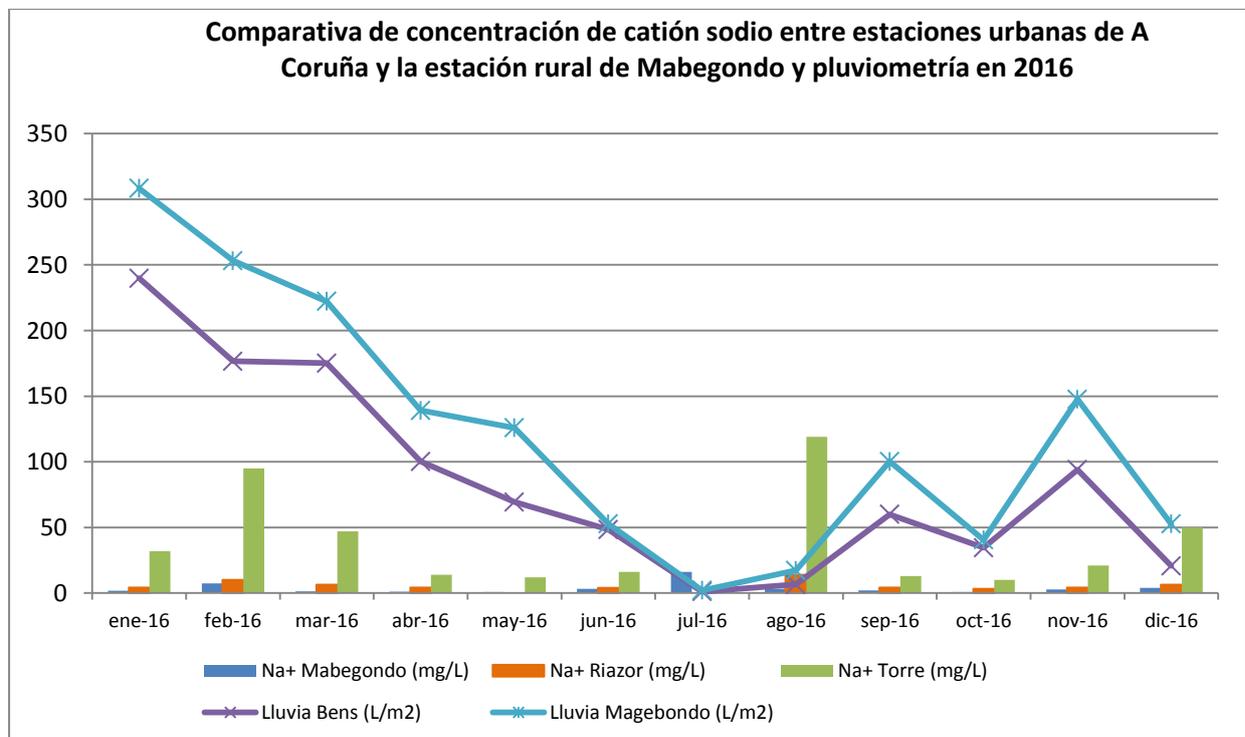
Gráfica 17. Conductividad, en $\mu\text{S/cm}$, obtenida en deposición total en las estaciones urbanas de Torre y Riazor. 2016.

El componente mayoritario del agua de mar es NaCl . En las Gráficas 18 y 19 se muestran las concentraciones de Cl^- y Na^+ en las estaciones de A Coruña Torre de Hércules y Riazor y las comparamos con las concentraciones de estos iones en Mabegondo, que es una estación rural, más alejada del mar que las otras dos. Para mejorar la comprensión de los datos se incluye la pluviometría, en L/m^2 recogidas en las estaciones de Mabegondo y Bens. No hay datos para Riazor y Torre de Cl^- y Na^+ en los meses de mayo y julio porque no se registró suficiente lluvia para analizar las muestras.

Observando las distintas concentraciones de estos iones cada mes del año 2016 vemos que, durante todo el año la concentración tanto de Na^+ como de Cl^- es mayor en Torre que en Riazor, y que siempre son menores en Mabegondo.



Gráfica 18. Concentraciones mensuales de sodio, en mg/L, en las estaciones urbanas de Torre, Riazor y en la rural de Mabegondo y pluviometría mensual en L/m², en Mabegondo y Bens. Año 2016.

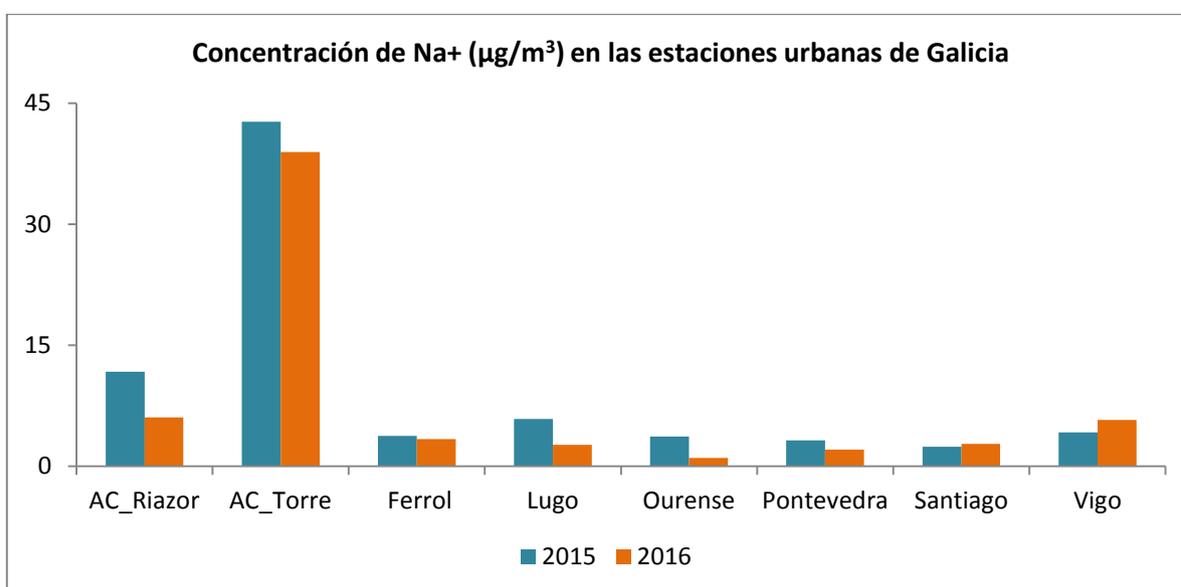


Gráfica 19. Concentraciones mensuales de cloruro, en mg/L, en las estaciones urbanas de Torre, Riazor y en la rural de Mabegondo y pluviometría mensual en L/m², en Mabegondo y Bens. Año 2016.



Se elige como trazador del aerosol marino en PM_{10} el Na^+ porque sabemos que el Na^+ puede tener origen mineral (fracción insoluble), pero el Na^+ soluble suele ser marino, sobre todo cuando se está muy cerca de la fuente, como es el caso de la estación Torre de Hércules. Utilizamos el Na^+ como trazador del aerosol marino extrapolando al agua de lluvia las indicaciones del documento de Trabajo de la Comisión, de 15/02/2011, que establece 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 y a una atmósfera más limpia para Europa.

Se muestra la evolución de la concentración media anual del Na^+ en agua de lluvia entre los años 2015 y 2016 en deposición total en las estaciones urbanas en la Gráfica 21. Vemos que las estaciones urbanas del interior de Galicia tienen menos influencia del aerosol marino en ambos años analizados. La estación de Pontevedra se encuentra cerca de la ría, así que no se ve demasiado influenciada por los descrestamientos de las olas que forman las partículas de aerosol marino. Podemos comprobar que las estaciones de A Coruña, Ferrol y Vigo son las que presentan mayor concentración de Na^+ , destacando por encima de las demás Torre de Hércules.



Gráfica 20. Concentración de Na^+ en deposición total en las estaciones urbanas entre los años 2015 e 2016.

En la Gráfica 21 se representan en un mapa las concentraciones medias, en mg/L, de sulfatos, cloruros, sodio, potasio, magnesio, calcio, bromuro, estroncio y fluoruro obtenidas en el agua de lluvia recogida durante el periodo 01/01/2016-31/12/2016 en las estaciones de Torre y Riazor. Para todos los parámetros estudiados, que coinciden con los componentes principales del agua de mar según la Tabla 7, 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 y que la contribución del aerosol marino decae muy rápidamente con la distancia.



Concentración de cloruro en deposición total en Torre y Riazor, A Coruña. Año 2016.



Concentración de sodio en deposición total en Torre y Riazor, A Coruña. Año 2016.



Concentración de sulfatos en deposición total en Torre y Riazor, A Coruña. Año 2016.



Concentración de magnesio en deposición total en Torre y Riazor, A Coruña. Año 2016.



Concentración de calcio en deposición total en Torre y Riazor, A Coruña. Año 2016.



Concentración de potasio en deposición total en Torre y Riazor, A Coruña. Año 2016.



Concentración de bromuro en deposición total en Torre y Riazor, A Coruña. Año 2016.



Concentración de estroncio en deposición total en Torre y Riazor, A Coruña. Año 2016.



Concentración de fluoruro en deposición total en Torre y Riazor, A Coruña. Año 2016.

Gráfica 21. Concentración, en mg/L, de los principales componentes del agua de mar obtenidos por deposición total en el agua de lluvia en Torre y Riazor, A Coruña en 2016.

Este análisis nos muestra que en A Coruña, el agua de lluvia está muy influenciada por la presencia del aerosol marino, comparando con el resto de Galicia. Esto se comprobó revisando la concentración de sulfatos, cloruros, sodio, potasio, magnesio, calcio, bromuro, estroncio y fluoruro, que son los principales componentes de agua de mar, y específicamente con el Na⁺ utilizado como trazador del aerosol marino. Además, esta influencia decae muy rápidamente con la distancia al mar, porque la concentración de estos componentes es muy superior en Torre que en Riazor.

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

9.1. 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.

9.2. 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:

Tabla 6. Valores límite para PM₁₀ y PM_{2,5}

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

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 µg/m³). 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 $\text{PM}_{2.5}$.

9.3. 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

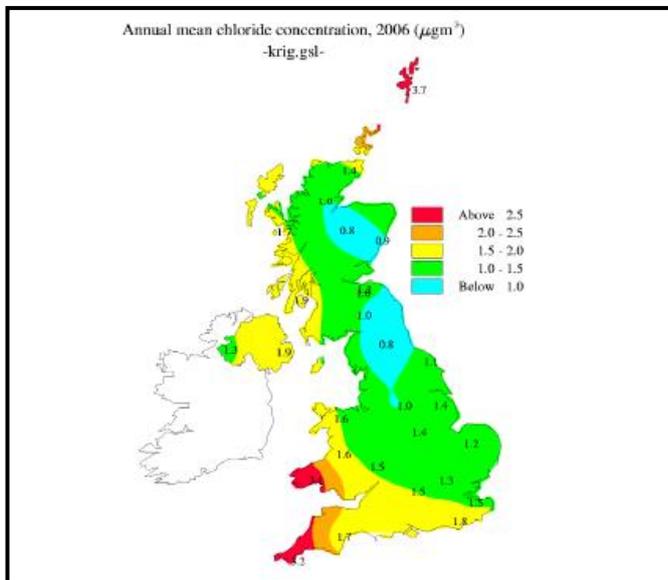


9.4. METODOLOGÍA DE DESCUENTO DE LAS CONTRIBUCIONES DE FUENTES NATURALES.

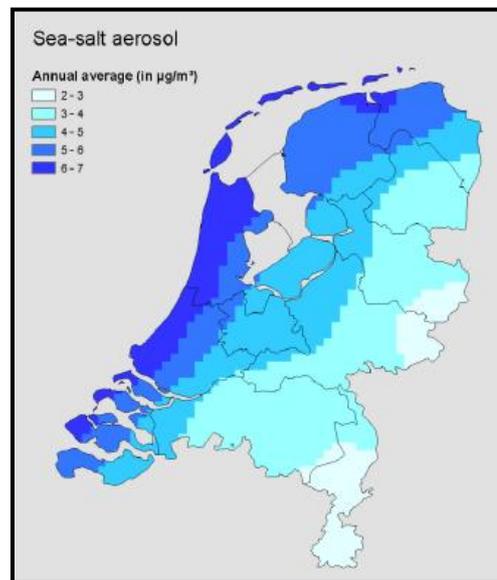
El apartado 4 de la guía de la comisión describe la metodología que hay que seguir para identificar y aplicar el descuento atribuido a las contribuciones de las distintas fuentes naturales de la lista de las elegibles. Como la guía tiene carácter subsidiario de la Directiva, no pretende prescribir métodos 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 22 y 23, extraídas de la Guía de la Comisión del 15/02/2011.



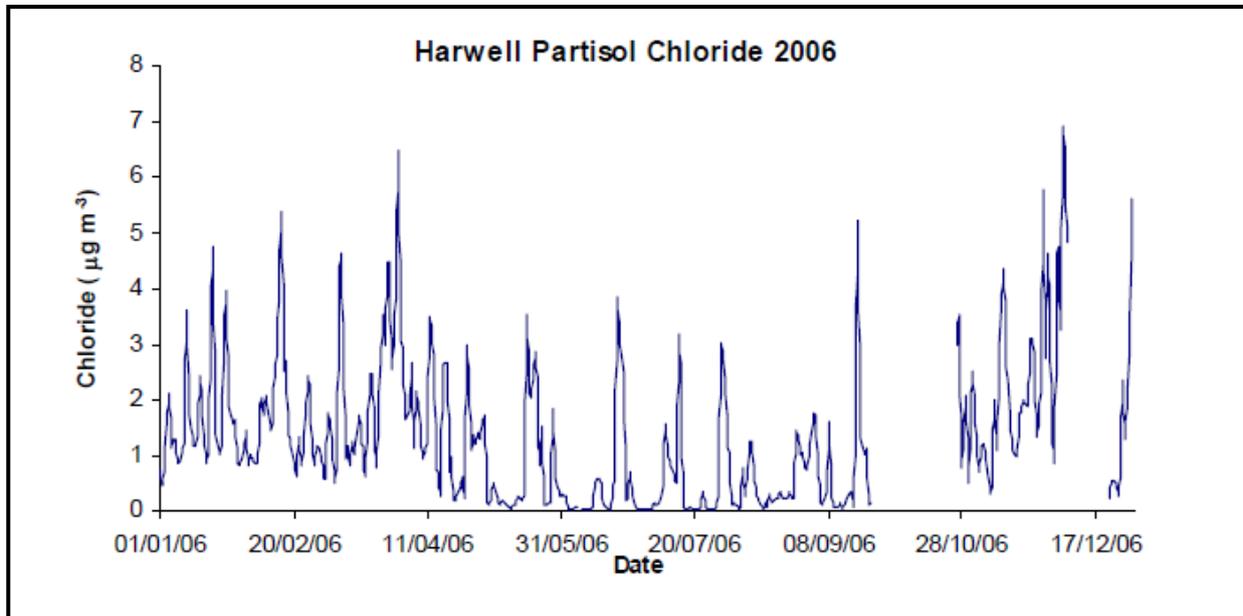
Gráfica 22. Mapa con la interpolación de la concentración de Cl en 2006 en Reino Unido en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Stedman 2009)



Gráfica 23. Contribución media anual del aerosol marino a la concentración de partículas en los Países Bajos. (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 24, que muestra mediciones diarias de concentraciones de cloruro en Harwell (Reino Unido) en 2006.



Gráfica 24. 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 PM_{10} 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 PM_{10} 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 PM_{10} se han recogido en los Países Bajos y publicado en el informe BOP 'La contribución de sal marina para PM_{10} 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 PM_{10} 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 PM_{10} de 24 horas para determinar las superaciones debidas a la contribución de sal marina en el punto de muestreo de PM_{10} 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 7.

Tabla 7. Composición iónica de la sal marina

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

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 (ssSO_4^{2-}).

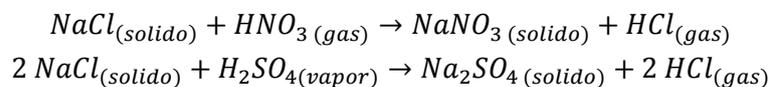
$$[\text{ssSO}_4^{2-}] = [\text{Na}^+] \times \frac{7.68}{30.59}$$



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

$$Sal\ marina = \frac{100}{30.6} \times [Na^+] = 3.27 \times [Na^+]$$

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 máis ampla, debe apoiarse 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.

9.5. 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 descuentos, 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.

9.6. 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.

10. OBTENCIÓN DE DATOS PARA LA DEMOSTRACIÓN DE LA CONTRIBUCIÓN DEL AEROSOL MARINO A LAS SUPERACIONES DEL VLD DE PM₁₀ EN EL ÁREA METROPOLITANA DE A CORUÑA EN 2016

La comprobación de la veracidad de la hipótesis del aerosol marino y el establecimiento de la metodología de trabajo se detallan también en el estudio *"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."*

Seguimos esta metodología y la indicada en 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 y a una atmósfera más limpia para Europa con los datos obtenidos en 2016 y los resultados se muestran en el trabajo *"PM₁₀ y PM_{2,5} en A Coruña en 2015 y*



la influencia del aerosol marino. Superaciones del VLD en la estación 15030027-Torre de Hércules (A Coruña). Año 2015.”

Retomamos la sistemática de trabajo descrita en los trabajos anteriores para los datos obtenidos en 2016.

10.1. 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. 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 y el 22/11/2014 se instaló un CAV Digitel DHA-80 en esta estación con el objetivo de analizar la concentración de Na⁺ en estos filtros y aplicar la metodología de descuentos. Este equipo estuvo realizando el muestreo de PM₁₀ durante todo el 2016.



Imagen 17. Captadores gravimétricos con cabezales PM₁₀ y PM_{2,5} Torre de Hércules, CAV Digitel DHA-80 y MCV CAV-A/Msb y captador de agua de lluvia.

En la estación Torre de Hércules se realiza la toma de muestras para el cálculo del IME desde 2011. Para el 2016 se utilizó el captador MCV CAV/Msb con cabezal de PM_{2,5} que vemos en la Imagen 18. Una vez que conocimos el trabajo realizado por A. M. M. Manders en el trabajo titulado “La contribución de la sal marina al PM₁₀ 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. Este trabajo se realizó en 2014 y 2015, pero no se encontró una relación entre las fracciones de PM. Por este motivo, dada la sobrecarga de trabajo del laboratorio, se decidió prescindir de este análisis en 2016. En la Imagen 18 vemos los dos captadores gravimétricos en la estación, con la Torre de Hércules que le da nombre al fondo.



Imagen 18. Captadores gravimétricos con cabezales PM_{10} y $PM_{2,5}$ en la estación Torre de Hércules

Por último, dado que en Riazor tenemos un MCV CAV-A/Msb con cabezal PM_{10} para analizar Benzo(a)Pireno y Metales, que se muestra en la a la derecha en la Imagen 19, decidimos analizar también la concentración de Na^+ en los filtros para ver cómo ésta decae con la distancia al mar.

Los resultados del decaimiento de la concentración de Na^+ cuando decae la distancia al mar se pueden ver en los informes correspondientes a los años 2014 y 2015, y en el apartado 6 de este informe, cuando analizamos la concentración de los iones en el agua de lluvia.

Ya que consideramos que esta relación está suficientemente demostrada, y dada la sobrecarga de trabajo del laboratorio, decidimos no realizar este análisis en 2016.



Imagen 19. CAV-A/MSB MCV con cabezal PM₁₀ en la estación Riazor

10.2. PROCEDIMIENTO Y RESULTADOS DE LA GRAVIMETRÍA

El Laboratorio de Medio Ambiente de Galicia, perteneciente a la Subdirección Xeral de Meteoroloxía e Cambio Climático 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 01/01/2016 y el 31/12/2016 en las ubicaciones y con los equipos descritos en el apartado 10.1. El tiempo de muestreo es de 24 horas, desde las 00:00 hasta las 00:00 horas (hora local), salvo para el PM_{2,5} de Torre, que se utiliza para el cálculo del IME, por lo que es muestreo tiene que ser, necesariamente entre 08:00 y 08:00±1 h, obteniendo muestras diarias en todos los muestreos. 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, acondicionados durante 48 horas antes de la pesada en la sala de balanzas, que se muestra en las Imágenes 20 y 21, a 20±1°C de temperatura y 50±5% de humedad relativa.



Imagen 20. Sala de balanzas del LMAG, con T y Hª controladas (exterior).



Imagen 21. Sala de balanzas del LMAG, con T y Hª controladas (interior).

Como podemos ver en la Imagen 21, 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 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.

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, 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, 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 el captadores gravimétricos en Torre para PM₁₀ se muestran en la Tabla A del anexo a este informe.

Los resultados de PM₁₀ en Torre de Hércules, tanto de los analizadores automáticos como de los gravimétricos, entre el 01/01/2016 y el 31/12/2016, se muestran en la Tabla A del anexo a este informe. 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.

En la Tabla 8 se muestra el estadístico de los datos de PM₁₀, en µg/m³, obtenido en la estación de Torre con los métodos automático y gravimétrico, entre el 01/01/2016 y el 31/12/2016: promedio, número de superaciones del VLD (n°>50), del umbral superior de evaluación (n°>35) y del umbral inferior de evaluación (n°>25) de PM₁₀, percentiles X-ésimos, máximo, desviación estándar y número de datos.

Tabla 8. Estadístico de la concentración de PM₁₀ en µg/m³, obtenido en la estación de Torre con los métodos automático y gravimétrico, entre el 01/01/2016 y el 31/12/2016.

	Media	n°>50	n°>35	n°>25	p90,4	p99,9	p98	p95	p75	p50	Max	Desv. est	Nº datos
Automático	36	64	152	249	59	126	85	75	45	31	136	18.5	361
Gravimétrico	32	37	113	194	52	137	78	65	41	29	143	17.9	330



10.3. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE Na^+ EN LOS FILTROS

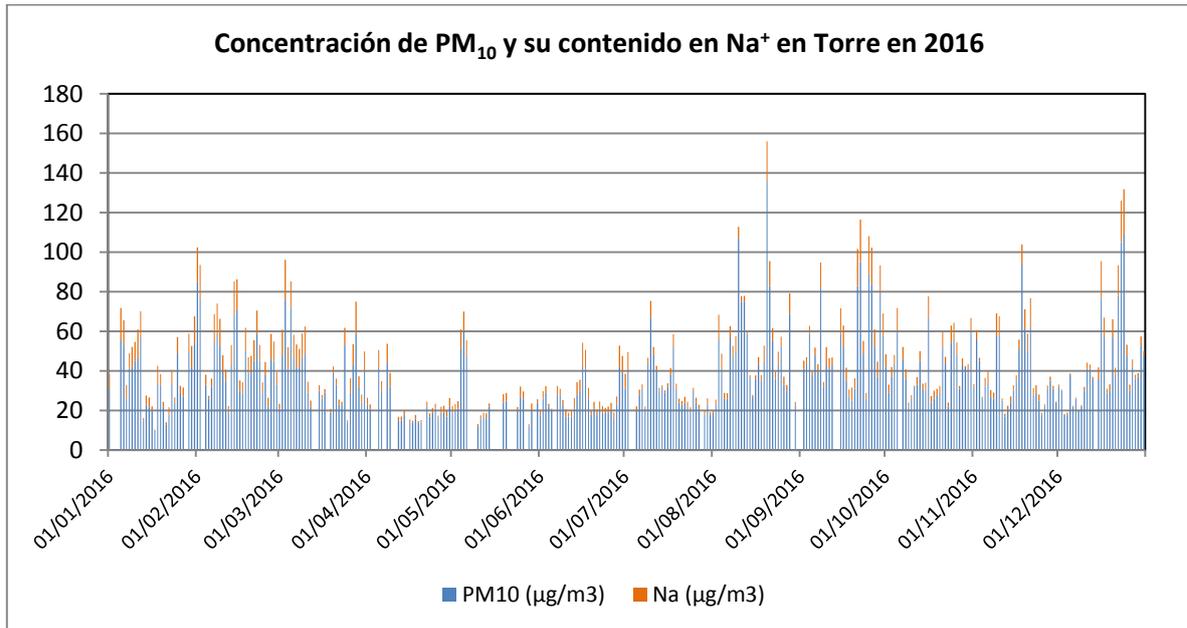
Se realiza el análisis de la concentración de Na^+ en los filtros muestreados, también en el LMAG, siguiendo el método descrito a continuación:

- 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 0.45 μm 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 22, empleando como fase móvil ácido metanosulfónico 30mM



Imagen 22. Cromatógrafo iónico Dionex ICS1000 del LMAG

Los resultados de concentración de Na^+ obtenidos para cada concentración de PM_{10} en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, se muestran en la Tabla A del anexo a este informe y se representan en la Gráfica 25, de manera proporcional a la concentración de PM_{10} . Observamos que la concentración de Na^+ es apreciable en todas las muestras analizadas.



Gráfica 25. Concentración de Na⁺ en la fracción PM₁₀ de Torre en 2016.

En la Tabla 9 se muestra el estadístico de los datos de la concentración Na⁺, en µg/m³, analizados en los filtros de PM₁₀ de las estaciones de Torre, entre el 01/01/2016 y el 31/12/2016: promedio, desviación estándar, máximo, mínimo y número de datos.

Tabla 9. Estadístico de los datos de concentración de Na⁺ en µg/m³ obtenidos en los filtros de PM₁₀ de la estación de Torre entre 01/01/2016 y 31/12/2016.

	[Na ⁺] en PM ₁₀ Torre
Promedio	6
Desv est	4.6
Max	23
Min	0,20
Nº datos	330

10.4. CÁLCULO DE LA CONCENTRACIÓN DE SAL MARINA.

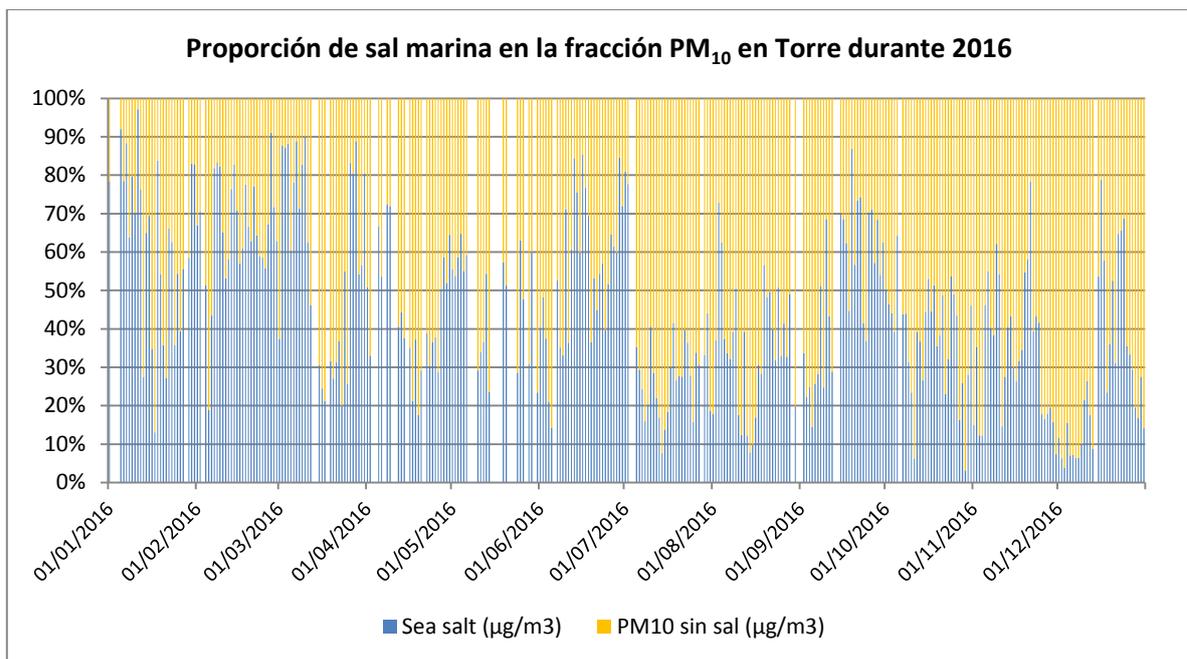
Recordamos la fórmula que relacionaba la concentración de Na⁺ en la fracción PM₁₀ de la materia particulada, con la concentración de sal marina presente en la misma y la aplicamos a los resultados de concentración de Na⁺ de la fracción PM₁₀ de la estación Torre de la Tabla A del anexo a este informe, 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y en porcentaje con respecto a la fracción PM_{10} o $\text{PM}_{2,5}$, según el caso, que se muestran en la Tabla A en el anexo de este informe.

En la Gráfica 26 representamos la concentración de sal marina, expresada en porcentaje, que hallamos en la fracción PM_{10} de la materia particulada en la estación de Torre. 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 más de la mitad de los filtros analizados el 50%.



Gráfica 26. Concentraciones medias diarias de sal marina, expresadas en porcentaje, en la fracción PM_{10} y $\text{PM}_{2,5}$ de la materia particulada de las estaciones Torre de Hércules y Riazor en 2016.

En la Tabla 10 se muestra el estadístico de la concentración de sal marina, expresada en términos absolutos y en porcentaje, hallada en la fracción PM_{10} de la materia particulada en la estación de Torre, entre el 01/01/2016 y el 31/12/2016: promedio, desviación estándar, máximo, mínimo y número de datos.

Tabla 10. Estadístico de la concentración de sal marina, expresada en valor absoluto y en porcentaje, hallada en la fracción PM_{10} , de la materia particulada en la estación de Torre entre 01/01/2016 y 31/12/2016.

Fecha de muestreo	PM_{10} Torre	PM_{10} Torre
	Sea salt ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	% Sea salt
promedio	18	45%
desv est	15.0	
max	75	97%
min	0.7	3.1%
Nº datos	328	328

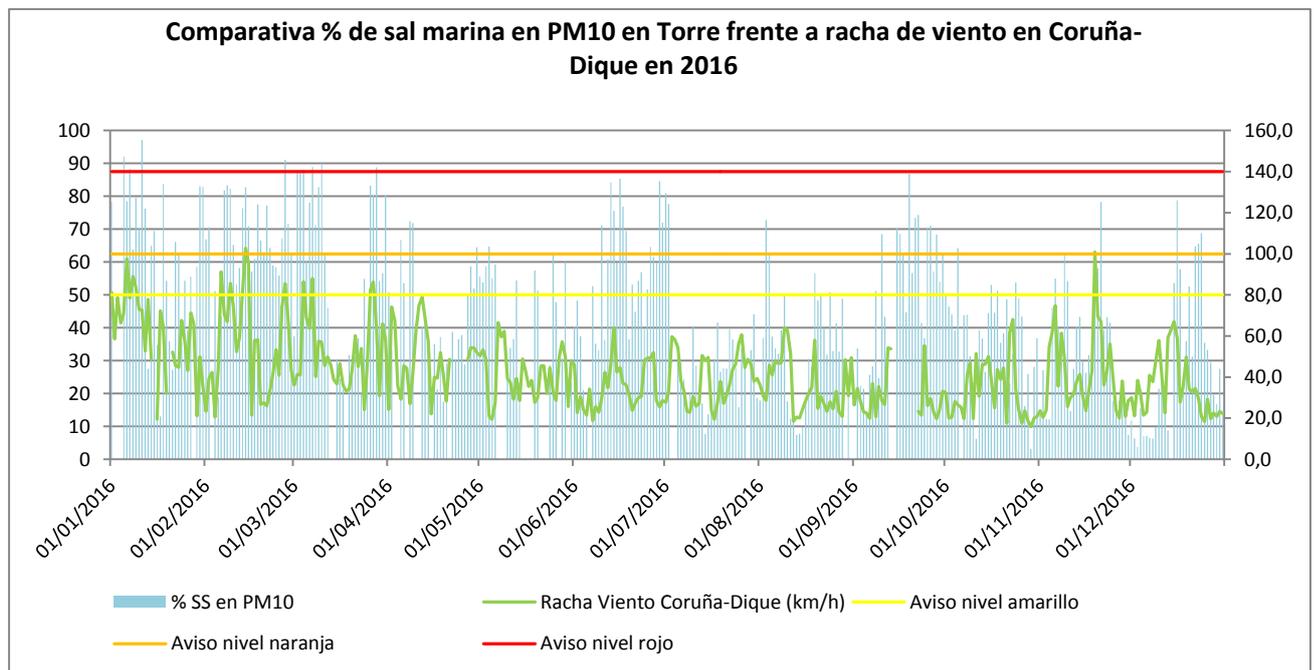


10.5. ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE SAL MARINA CON RESPECTO A EVENTOS METEOROLÓGICOS: LA ALTURA DE LAS OLAS Y LA INTENSIDAD DEL VIENTO

En la Tabla A del anexo I de este informe se muestran los datos de concentración de PM_{10} en $\mu g/m^3$ obtenidos con el analizador automático durante el año 2016 en la estación de Torre de Hércules y la concentración de sal marina medida en cada día en que se obtuvo un filtro válido. 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.

De manera análoga a lo observado en el apartado 7 de este informe, vemos tanto en la Tabla A como en la Gráfica 13 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 de sal marina obtenida en la fracción diaria de PM_{10} en la estación de Torre. Se marca en amarillo la línea que define las rachas de viento superiores a 80 Km/h, correspondientes al aviso amarillo y en naranja las superiores a 100 km/h, correspondientes al aviso naranja.

En todo el 2016 no se ha medido ninguna racha de viento superior a 140 km/h, correspondiente al aviso rojo. De hecho, vemos que muy pocas de las superaciones del VLD se dan cuando se sobrepasan los valores del umbral de aviso de nivel amarillo, en la mayoría de las ocasiones la racha de viento es inferior a 80 km/h.



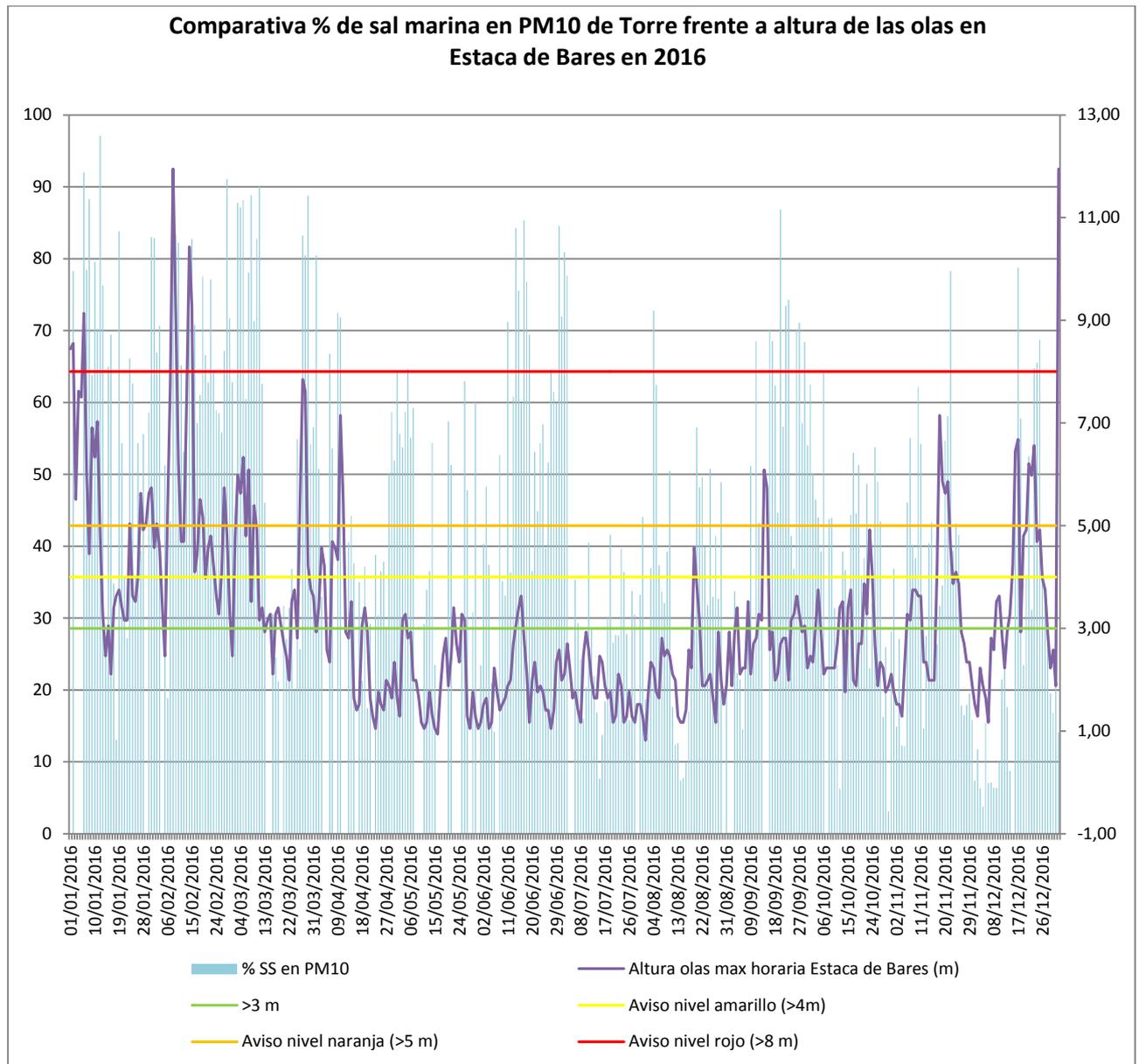
Gráfica 27. Serie temporal de la evolución del porcentaje de sal marina presente en la fracción PM_{10} de la materia particulada en Torre, en $\mu g/m^3$ (eje izquierdo) y de la racha de viento en Coruña-Dique, en km/h (eje derecho) durante 2016.

Si repetimos el análisis de la Gráfica 27, pero teniendo en cuenta la altura de las olas en vez de la racha de viento, vemos tanto en la Tabla A como en la Gráfica 28, que en este caso sí que existe relación y que cuando tenemos alturas de ola elevadas, tenemos aumentos en la concentración de PM_{10} en la estación Torre de Hércules. Esta conclusión es análoga a la obtenida de la Gráfica 13. Se dibuja en verde la línea que marca la altura de las olas



superior a 3 m, en amarillo superior a 4 m, correspondiente con el aviso amarillo, en naranja de más de 5 m correspondiente con el aviso naranja y en rojo de más de 8 m, correspondiente con el aviso rojo.

Observamos que los aumentos de la altura de las olas, sobre todo en los casos en que superan los 3 m de altura, conllevan un incremento de la concentración de las partículas PM₁₀ y en el porcentaje de sal marina en PM₁₀. Estos resultados son los mismos que se encontraron en el análisis preliminar realizado por el Departamento de Predicción Numérica de MeteGalicia.

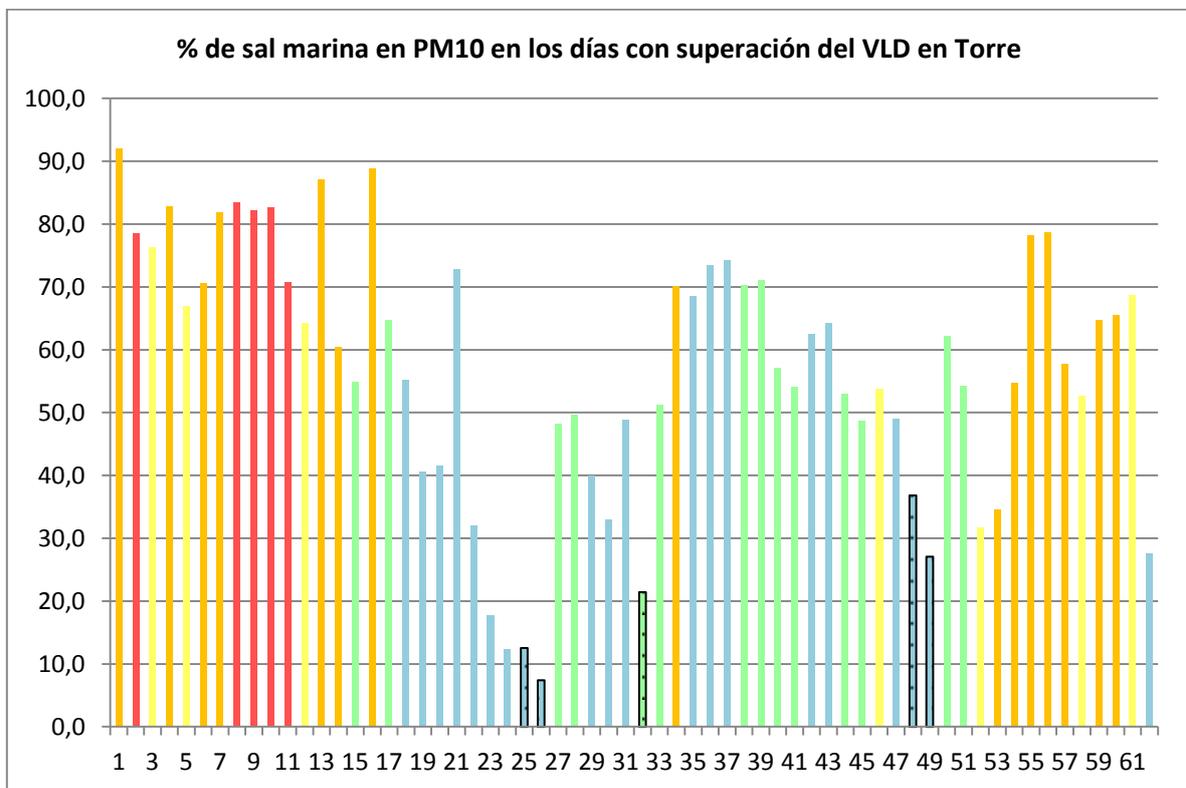


Gráfica 28. Serie temporal de la evolución del porcentaje de sal marina en las concentraciones de PM₁₀ en Torre, en µg/m³, (eje izquierdo) y de la altura máxima horaria de las olas, en m, en la boya de estaca de Bares (eje derecho) durante 2016.



Realizamos una representación gráfica más con los datos de la Tabla A del anexo, empleando el porcentaje de sal marina presente en la fracción PM₁₀ de la materia particulada en la estación de Torre los días en que hubo superación del VLD en 2016 en la Grafica 29. 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 e incluso al 90%. 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 se representan los máximos de altura inferior a 3 m, en verde superior a 3 m, en amarillo superior a 4 m, en naranja superior a 5 m y en rojo superior a 8 m, correspondiendo con los distintos niveles de aviso por riesgo meteorológico establecidos por MeteoGalicia. Se marcan en negro los días que hubo intrusión de polvo sahariano. 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.



Grafica 29. Concentraciones de sal marina, expresada en porcentaje, obtenidas en los filtros de PM₁₀ de la estación Torre de Hércules en los días en que se superó el VLD.

Destacan las superaciones que tuvieron lugar en el mes de agosto, ya que en caso todas ellas la altura de la ola fue inferior a 3 m, y sin embargo, los porcentajes de sal marina fueron apreciables, llegando en una ocasión al 70%. Tal y como se especifica en el análisis pormenorizado del apartado 12 de este informe, durante este mes hubo importantes aportes de quema de biomasa debido a incendios originados en Galicia y principalmente en Portugal. No obstante, podemos comprobar que al principio y al final de año, con las alturas de ola más elevadas se recogen también los porcentajes de sal marina más elevados.



11. APLICACIÓN DE LOS DESCUENTOS DE SAL MARINA A LA CONCENTRACIÓN DE PM10.

Una vez realizados los análisis de datos anteriores, concluimos que las premisas del documento de trabajo de la comisión de 15/02/2011 son aplicables, por lo que procedemos a realizar los descuentos correspondientes a la concentración de sal marina a la concentración de PM₁₀ obtenida en la estación Torre de Hércules, de la zona ES1219 durante el año 2016. Para ello, teniendo en cuenta la concentración de sodio, en µg/m³, obtenida para ese día concreto, se calcula la concentración de sal marina en PM₁₀ según la siguiente fórmula y finalmente se resta esta de la concentración de PM₁₀, como se muestra en la Tabla A del anexo a este informe:

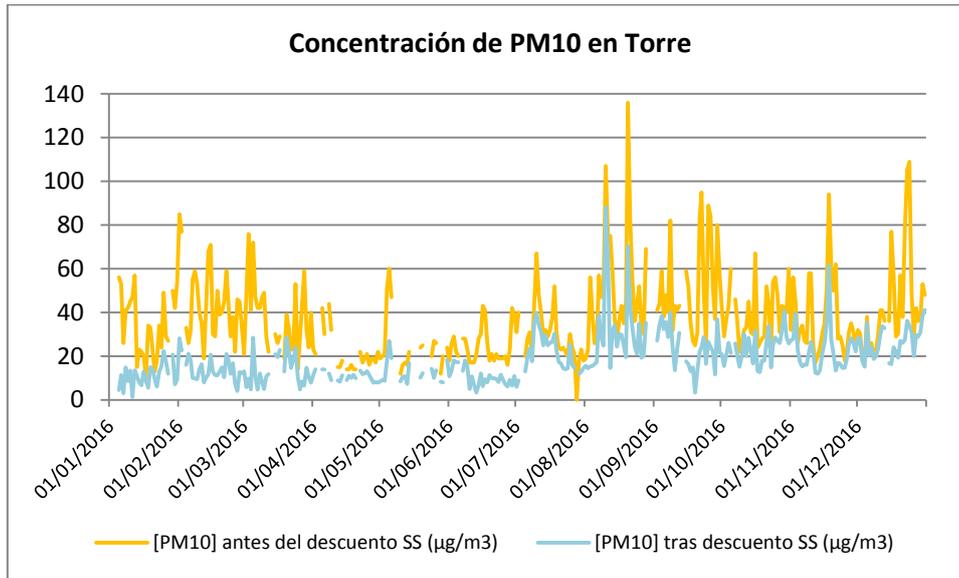
$$[\text{sal marina}] = \frac{100}{30,6} \cdot [\text{Na}^+] = 3,27 \cdot [\text{Na}^+]$$

En la Tabla 11 se muestran los estadísticos de la concentración de PM₁₀ en la estaciones de Torre, obtenidos con los datos de la Tabla A del anexo de este informes, realizados antes y después del descuento de la concentración de PM₁₀ correspondiente a la sal marina. Vemos que los estadísticos varían considerablemente.

Tabla 11. Estadístico de PM₁₀ en Torre de Hércules y Riazor, antes y después de la aplicación del descuento correspondiente a la sal marina en la fracción PM10 de la materia particulada.

Estadístico	PM10	PM10-SS
media	36	20
n°>50	64	6
n°>35	152	27
n°>25	249	103
p 90,4	59	34
p99,9	126	82
p98	85	47
p95	75	38
p75	45	27
p50	31	17
Max	136	88
Nº datos	361	361
Nº datos SS		328

En la Gráfica 30, se representa la concentración de PM₁₀ en Torre de Hércules antes y una vez aplicado el descuento correspondiente a la sal marina. Los datos se obtuvieron de la Tabla A del anexo de este informe. Podemos observar que la concentración de PM₁₀ disminuye de manera considerable, pues la concentración de sal marina se corresponde con un importante porcentaje del total del PM₁₀ en esta estación a lo largo de todo el año.



Gráfica 30. Concentración de PM₁₀ total (en naranxa) y una vez aplicado el descuento correspondiente a la sal marina (en azul) en Torre de Hércules, en 2016.

Aplicamos la metodología de descuentos tal y como nos indica el documento de trabajo de la comisión de 15/02/2011 únicamente en las fechas en las que hubo superación del VLD. Buscamos los días del periodo muestreado en los que hubo superación del VLD de PM₁₀ en la Tabla A del anexo a este informe en la estación Torre de Hércules. Tenemos los datos de la concentración de PM₁₀ de esos días y los datos de la concentración de sal marina analizada en los filtros muestreados. En la Tabla 12, restamos ambas para comprobar si, una vez que se ha descontado el aporte correspondiente al aerosol marino, continúa existiendo una superación del VLD de PM₁₀ 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 PM₁₀ que no se ha determinado.

Tabla 12. Concentración de PM₁₀, obtenida en la estación Torre de Hércules los días que se registraron superaciones del VLD, concentración de sodio, concentración de sal marina y concentración de PM₁₀ tras el descuento, todo ello en µg/m³.

Fecha de muestreo	PM10 (µg/m ³)	Na (µg/m ³)	Sea salt (µg/m ³)	% sea salt	PM10-SS (µg/m ³)
02/01/2016	67				67
04/01/2016	66				66
05/01/2016	56	15,76	51,54	92,03	4
06/01/2016	53	12,72	41,59	78,48	11
12/01/2016	57	13,29	43,46	76,24	14
31/01/2016	54	13,68	44,73	82,84	9
01/02/2016	85	17,4	56,90	66,94	28
02/02/2016	77	16,63	54,38	70,62	23
07/02/2016	55	13,76	45,00	81,81	10
08/02/2016	59	15,04	49,18	83,36	10
09/02/2016	53	13,33	43,59	82,24	9
14/02/2016	68	17,2	56,24	82,71	12



15/02/2016	71	15,37	50,26	70,79	21
22/02/2016	59	11,6	37,93	64,29	21
03/03/2016	76	20,25	66,22	87,13	10
05/03/2016	72	13,31	43,52	60,45	28
24/03/2016	53	8,9	29,10	54,91	24
28/03/2016	59	16,02	52,39	88,79	7
04/05/2016	51	10,09	32,99	64,69	18
05/05/2016	60	10,11	33,06	55,10	27
10/07/2016	67	8,3	27,14	40,51	40
18/07/2016	52	6,61	21,61	41,57	30
03/08/2016	56	12,46	40,74	72,76	15
07/08/2016	57	5,59	18,28	32,07	39
10/08/2016	107	5,77	18,87	17,63	88
11/08/2016	75	2,84	9,29	12,38	66
12/08/2016	75	2,88	9,42	12,56	15
13/08/2016	59	1,34	4,38	7,43	32
20/08/2016	136	20,06	65,60	48,23	70
21/08/2016	83	12,59	41,17	49,60	42
22/08/2016	55	6,71	21,94	39,89	33
25/08/2016	52	5,24	17,13	32,95	35
28/08/2016	69	10,32	33,75	48,91	35
04/09/2016	59	3,87	12,65	21,45	38
08/09/2016	82	12,83	41,95	51,16	40
15/09/2016	59	12,66	41,40	70,17	18
16/09/2016	52	10,9	35,64	68,54	16
21/09/2016	83	18,64	60,95	73,44	22
22/09/2016	95	21,58	70,57	74,28	24
25/09/2016	89	19,1	62,46	70,18	27
26/09/2016	84	18,26	59,71	71,08	24
27/09/2016	52	9,09	29,72	57,16	22
29/09/2016	80	13,22	43,23	54,04	37
30/09/2016	58	11,09	36,26	62,52	22
05/10/2016	60	11,78	38,52	64,20	21
16/10/2016	67	10,86	35,51	53,00	31
21/10/2016	52	7,74	25,31	48,67	27
24/10/2016	54	8,88	29,04	53,77	25
25/10/2016	56	8,39	27,44	48,99	29
31/10/2016	60	6,76	22,11	36,84	26
02/11/2016	56	4,64	15,17	27,09	28
09/11/2016	58	11,02	36,04	62,13	22
10/11/2016	58	9,62	31,46	54,24	27
17/11/2016	51	4,94	16,15	31,67	35
18/11/2016	94	9,93	32,47	34,54	62
19/11/2016	61	10,2	33,35	54,68	28
21/11/2016	62	14,84	48,53	78,27	13



16/12/2016	77	18,54	60,63	78,73	16
17/12/2016	57	10,07	32,93	57,77	24
20/12/2016	57	9,16	29,95	52,55	27
22/12/2016	78	15,45	50,52	64,77	27
23/12/2016	105	21,05	68,83	65,56	36
24/12/2016	109	22,91	74,92	68,73	34
30/12/2016	53	4,46	14,58	27,52	38

En la estación Torre de Hércules se registraron 64 superaciones del VLD de PM₁₀ durante 2016. En 62 de esas 64 ocasiones contamos con resultado de concentración de sodio en filtros donde se mide la fracción PM₁₀ de la materia particulada con la que podemos calcular la concentración de sal marina correspondiente en ese filtro. Realizando los 62 descuentos, nos encontramos que deja de haber superaciones del VLD en 58 ocasiones, por lo que el número de superaciones del VLD queda en 6, siendo este número inferior a las 35 ocasiones permitidas por la Directiva 2008/50/CE.

Los días 12/08, 13/08, 04/09, 31/10 y 01/11, también se descuenta el aporte por intrusión de polvo sahariano tal y como se especifica en el documento "Episodios naturales de partículas, 2016", elaborado por el CSIC, CIEMAT y Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, Subdirección General de Calidad del Aire y Medio Ambiente Industrial, disponible en el siguiente enlace: http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/episodiosnaturales2016_tcm7-456261.pdf

En el apartado 12 se analizan con detalle las condiciones de cada día en que hubo superación del VLD.



12. DESCRIPCIÓN DE LOS EPISODIOS DE SUPERACIÓN DEL VALOR LÍMITE DIARIO DE PM₁₀ EN TORRE DE HÉRCULES EN 2016.

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, empleando 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 01/01/2016-31/12/2016. También utilizamos los datos de altura de la ola en las boyas de Estaca de Bares y Punta Langosteira, y la velocidad máxima del viento en la estación meteorológica Coruña-Dique, que se pueden consultar en la Tabla A, del anexo a este informe.

También utilizamos el estudio de episodios de intrusiones africanas y de incendios forestales según el informe “Episodios Naturales de Partículas 2016” y “Resumen final de Episodios Naturales 2016” y “Tabla de Episodios 2016” cuyos datos son propiedad de la Subdirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA), suministrados como fruto del “Acuerdo de Encomienda de Gestión entre el MAPAMA 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.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/episodiosnaturales2016_tcm7-456261.pdf

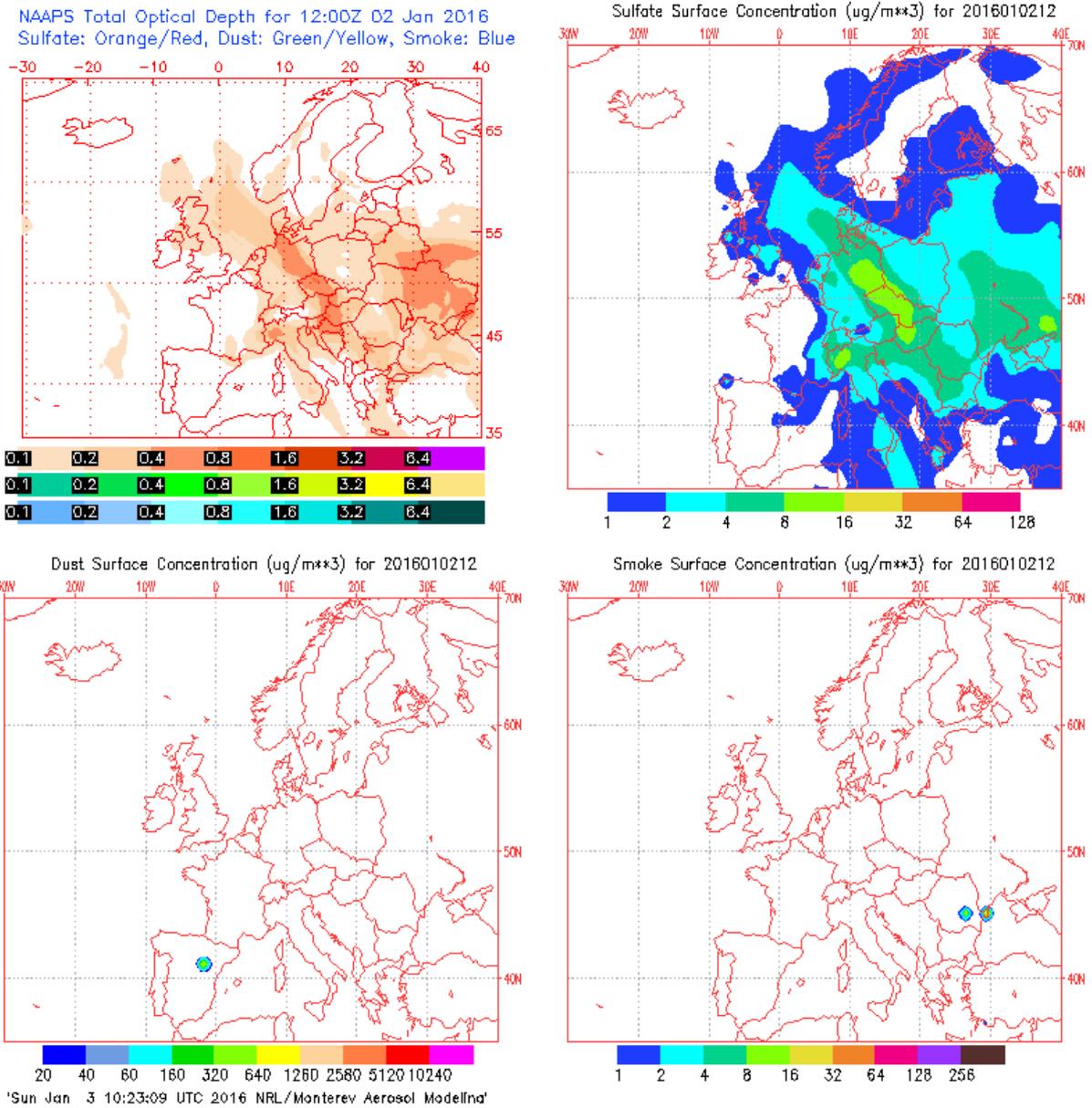
En la descripción de los eventos se emplearon también otras herramientas, como el cálculo de retrotrayectorias de masas de aire. Para cada día en el que se superó el VLD de PM₁₀, establecido en 50 µg/m³, se calcularon las retrotrayectorias de las masas de aire con el modelo HYSPLIT de la NOAA (Draxler 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/ffaxbra.html>)

2 DE ENERO DE 2016

La concentración de PM₁₀ fue de 67 µg/m³ registrada con el analizador automático, superándose el límite establecido de 50 µg/m³. Este día se registró una máxima horaria de altura de ola de 8.55 m en la boya de Estaca de Bares, lo cual se corresponde con aviso de nivel rojo. No hay datos de la boya de Punta Langosteira para esta fecha. La altura media de las olas fue de 6.91 m. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 58. 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 **concentraciones de sulfato en superficie**. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.

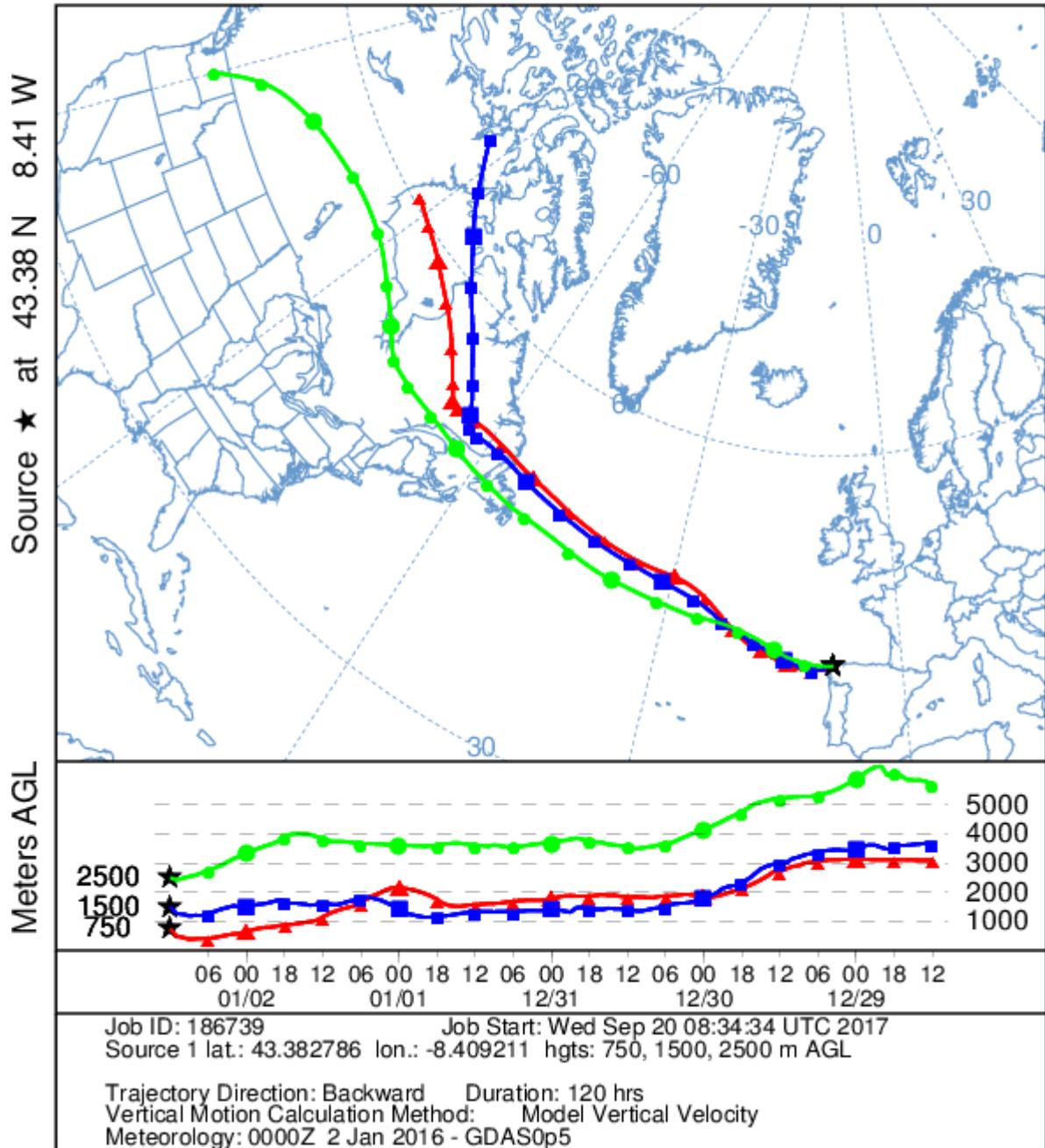


Gráfica 31. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 02/01/2016.

El análisis de las retro trayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 32 muestra que las masas de aire proceden de Canadá y del norte del continente americano.



NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1200 UTC 02 Jan 16
GFSG Meteorological Data



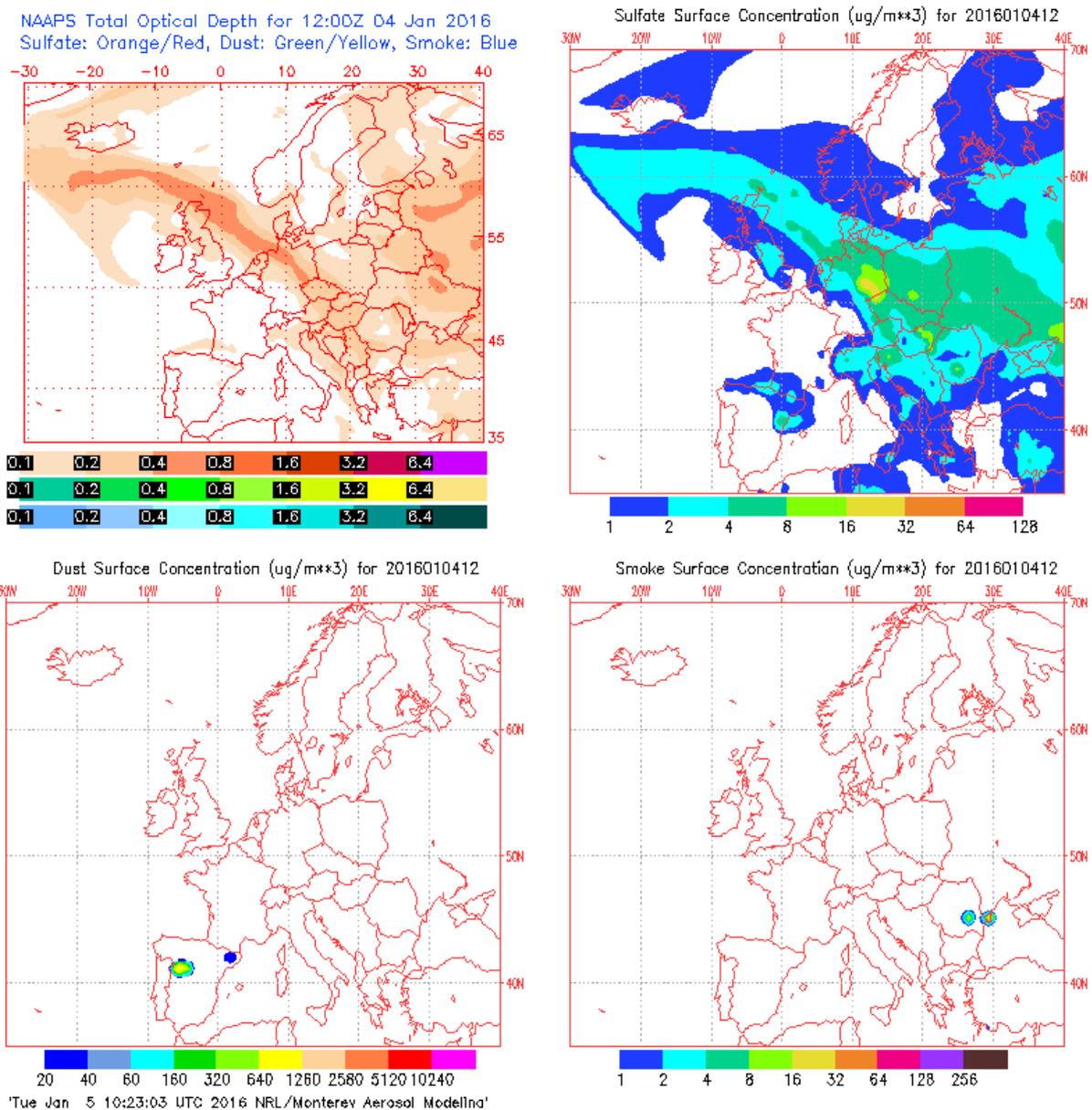
Gráfica 32. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOAA para el 02/01/2016.



4 DE ENERO DE 2016

Se registró una concentración de PM₁₀ de 66 µg/m³ con el analizador automático, que supone una superación del VLD. Este día se registraron máximas horarias de altura de las olas de 7.62 m en la boya de Estaca de Bares, lo cual se corresponde con aviso de nivel naranja. No hay datos de la boya de Punta Langosteira para esta fecha. La altura media de las olas fue de 6.46 m. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 66.26 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 que **existe sulfato en superficie**. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.

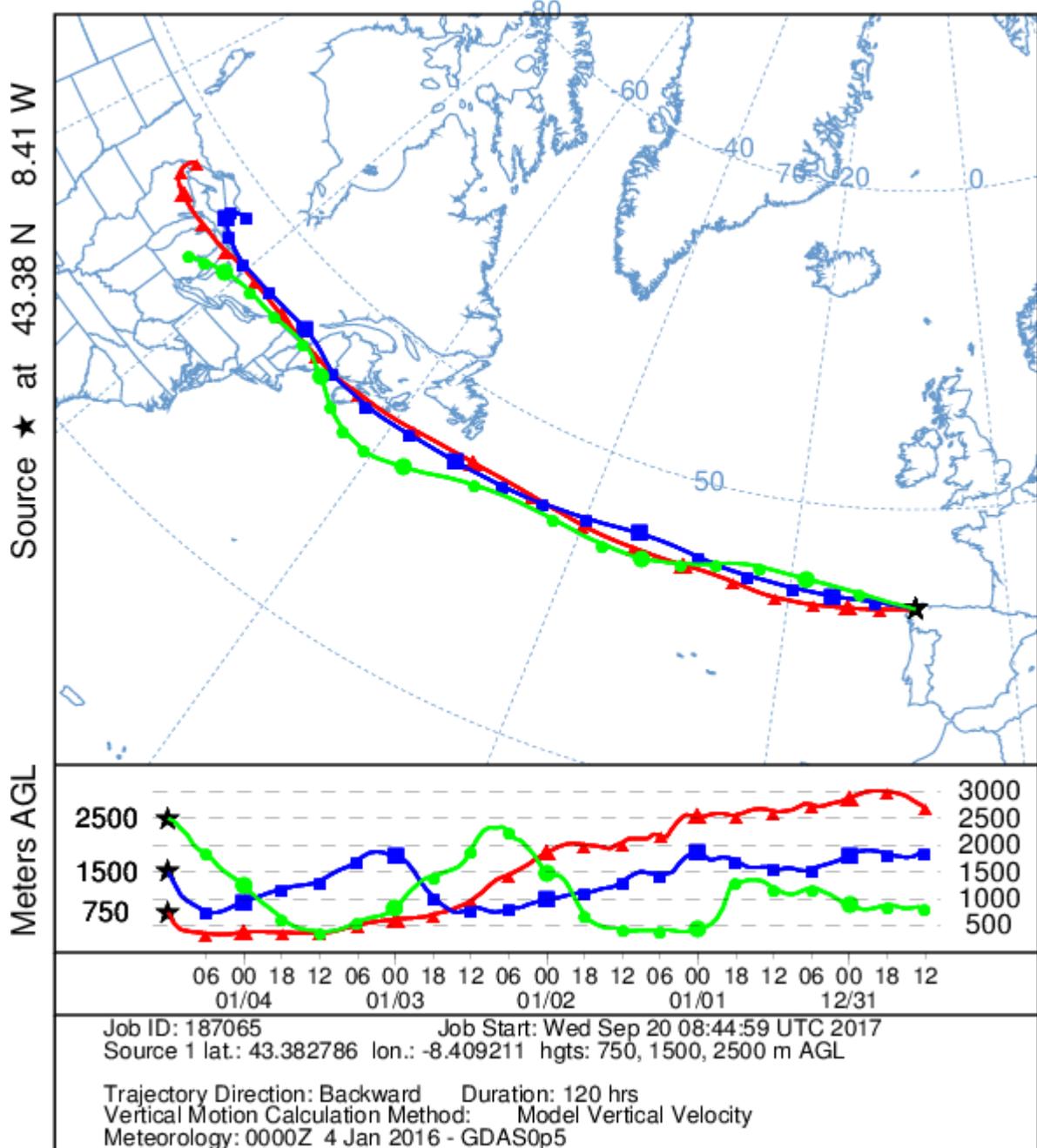


Gráfica 33. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 04/01/2016.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 34 muestra que las masas de aire proceden del transporte a largas distancias desde el norte del continente americano.

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1200 UTC 04 Jan 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 34. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOAA para el 04/01/2016

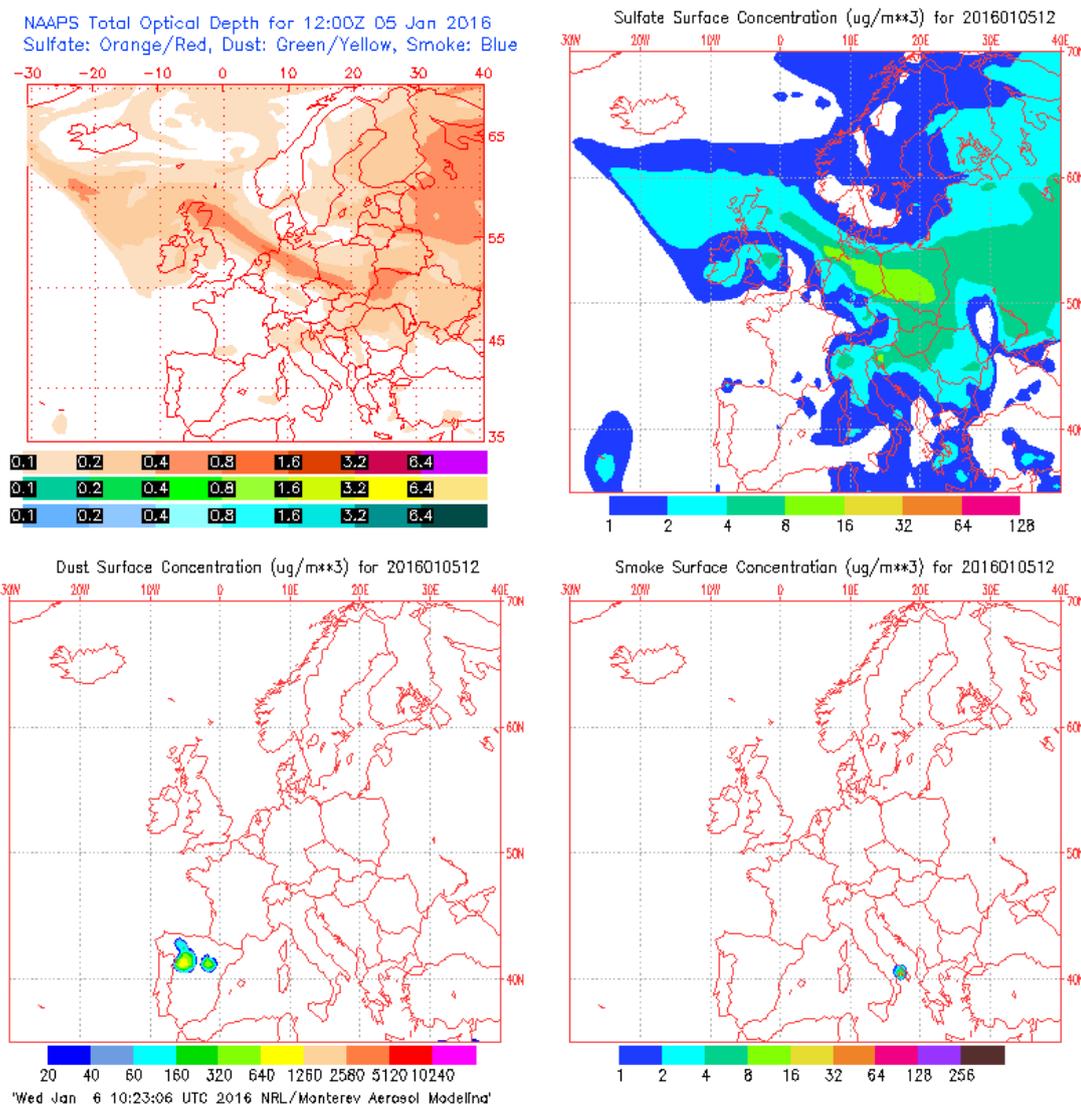


5 DE ENERO DE 2016

La concentración de PM₁₀ fue de 56 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 7.62 m en la boya de Estaca de Bares, lo cual se corresponde con un aviso de nivel rojo. No hay datos de la boya de Punta Langosteira para esta fecha. La altura media de las olas fue de 6.47 m. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 66.3 km/h, lo cual se corresponde con un viento fuerte.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 15.76 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 92.0%.

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

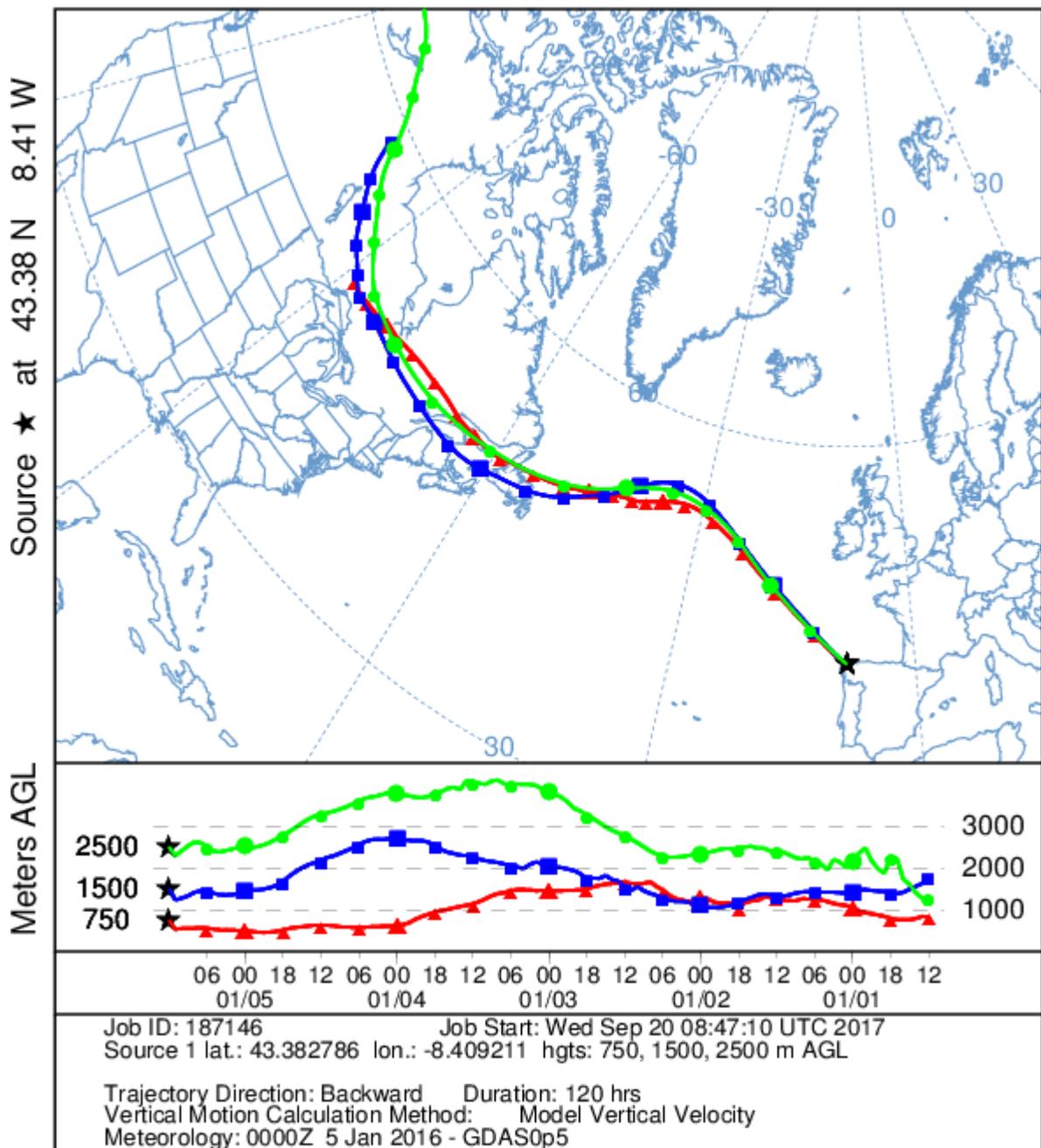


Gráfica 35. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 05/01/2016



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.

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1200 UTC 05 Jan 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 36. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOAA para el 05/01/2016

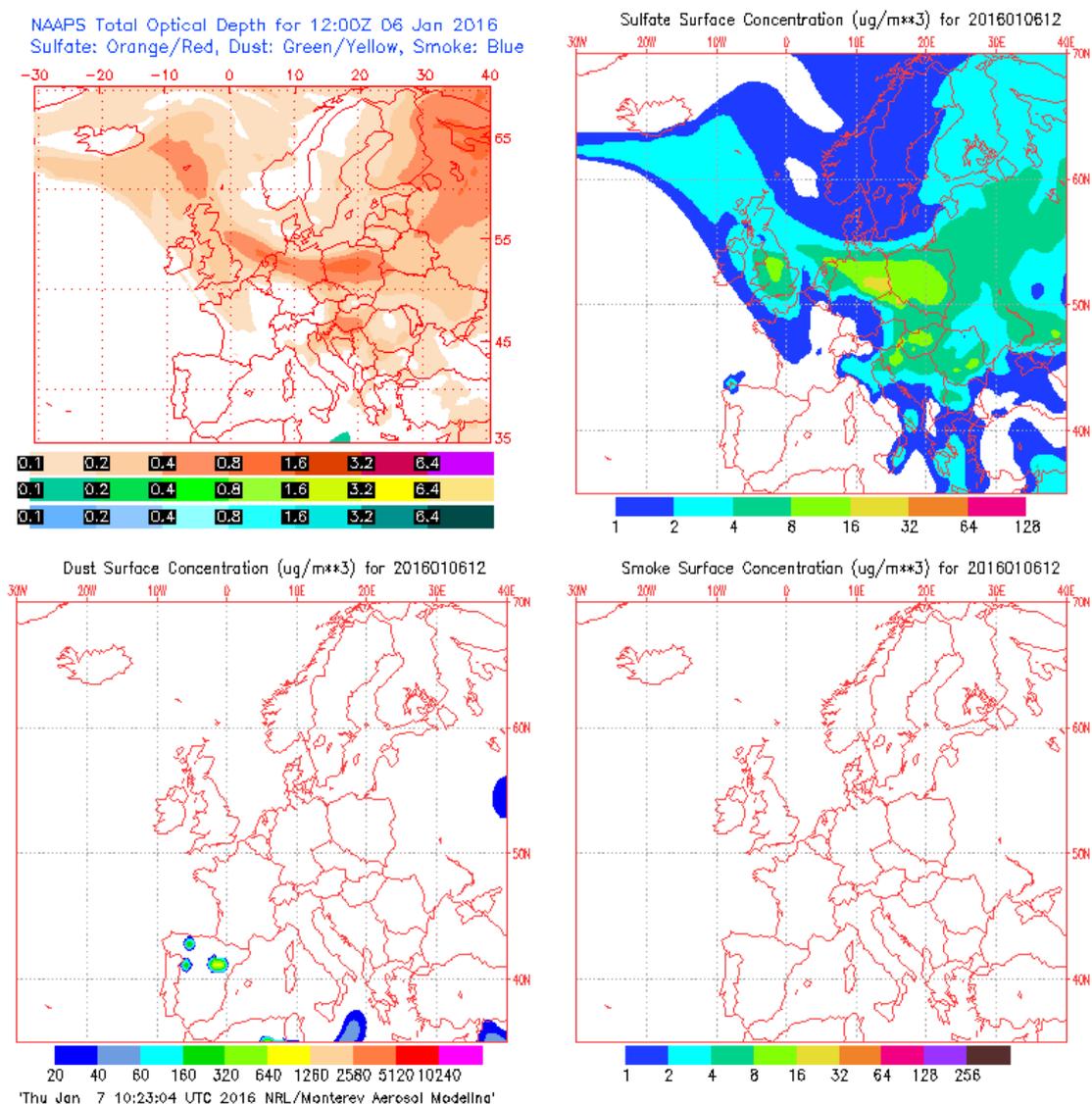


6 DE ENERO DE 2016

La concentración de PM₁₀ fue de 53 µg/m³ con el analizador automático. Este día se registró una máxima horaria de altura de olas de 9.14 m en Estaca de Bares. Estos valores corresponden con un aviso de nivel rojo. No hay datos de la boya de Punta Langosteira para esta fecha. La altura media de las olas fue de 6.27 m. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 97.6 km/h, lo cual se corresponde con un viento muy fuerte.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 12.72 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 78.5%.

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

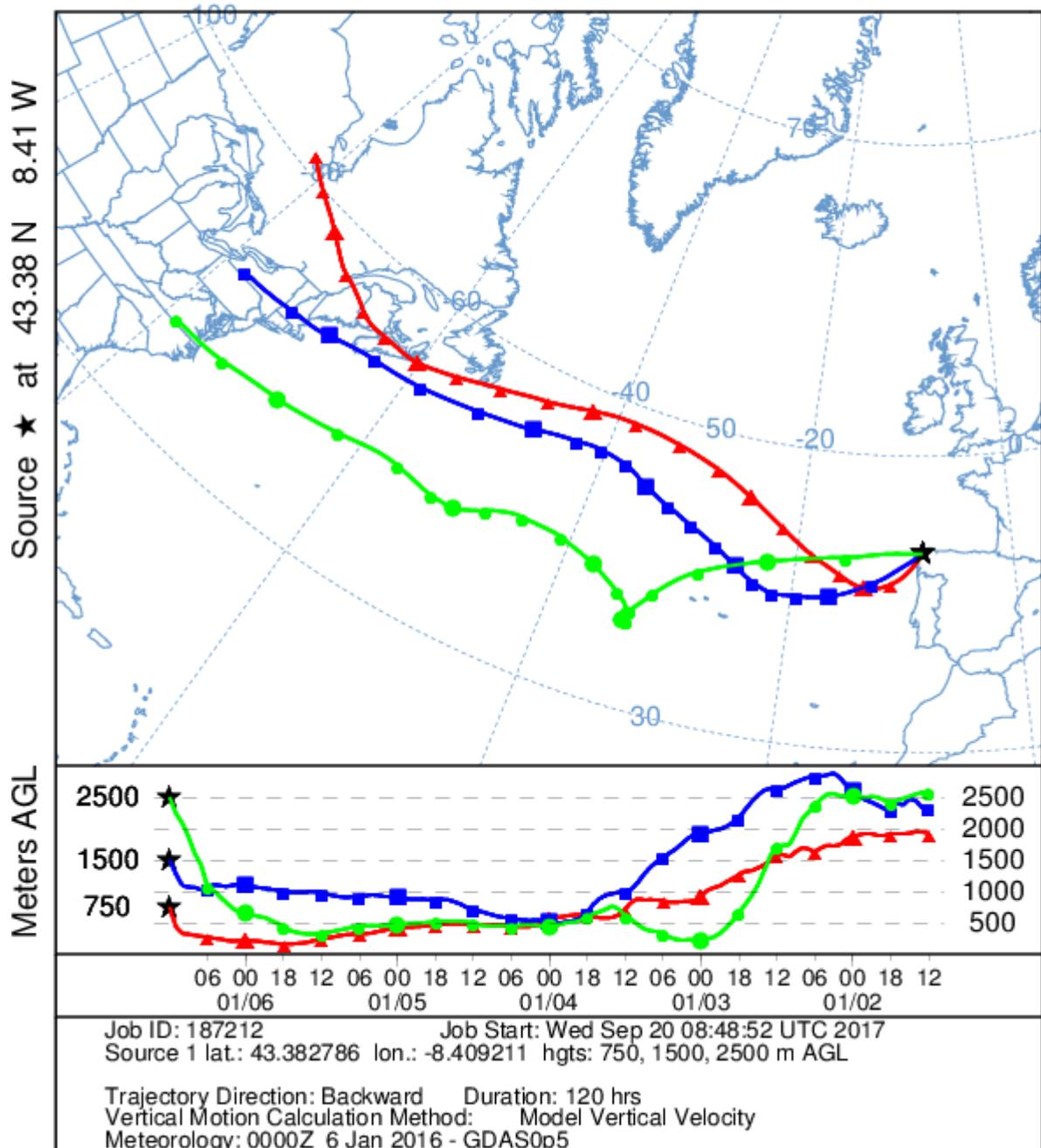


Gráfica 37. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 06/01/2016



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.

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1200 UTC 06 Jan 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 38. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 06/01/2016

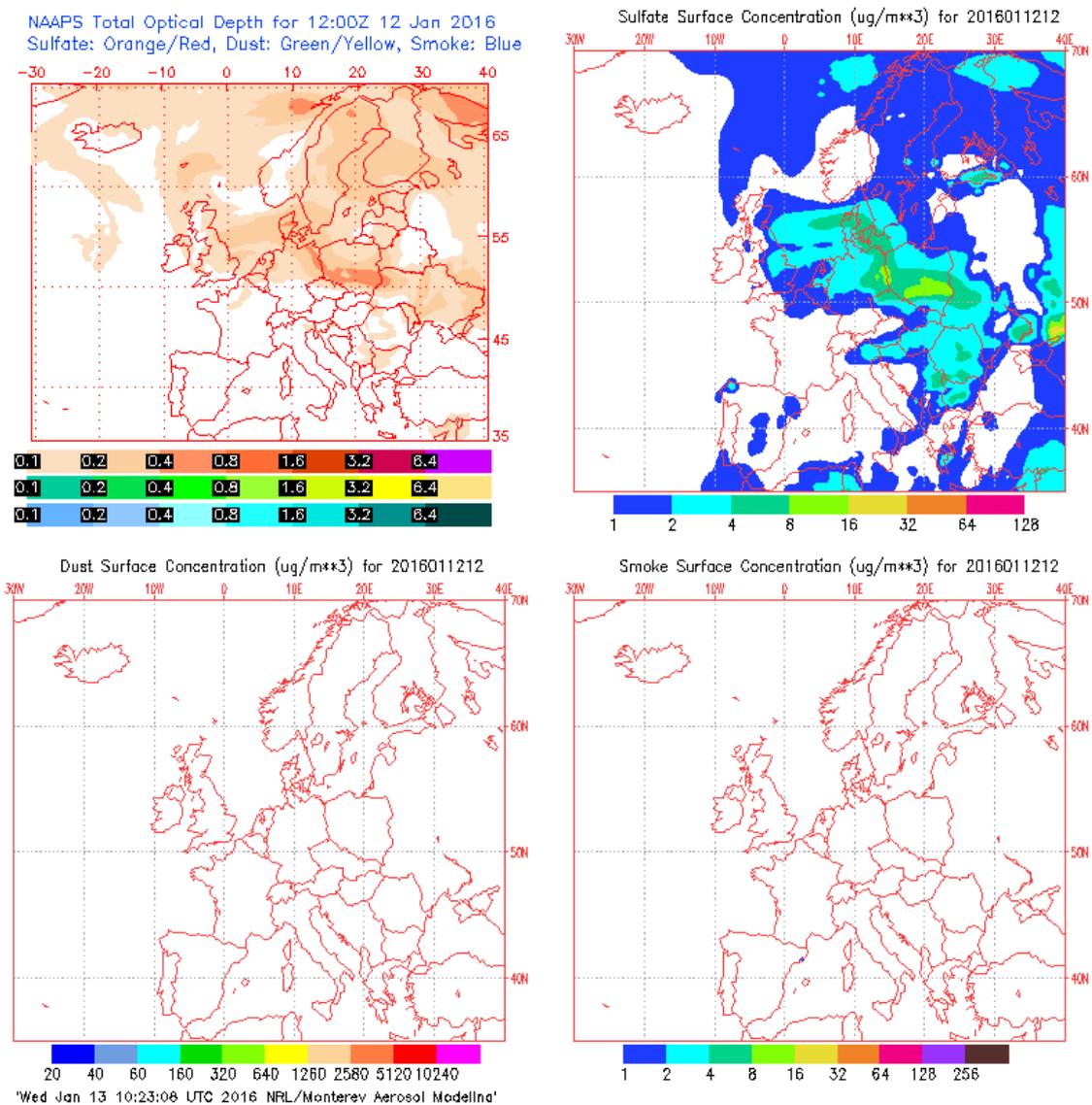


12 DE ENERO DE 2016

La concentración de PM₁₀ fue de 57 µg/m³ medida con el analizador automático. Este día se registraron máximas horarias de altura de las olas de 4.80 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 4.07 m. No hay datos de la boya de Punta Langosteira para esta fecha. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 52.7 km/h, lo cual se corresponde con un viento fuerte.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 13.29 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 76.24%.

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

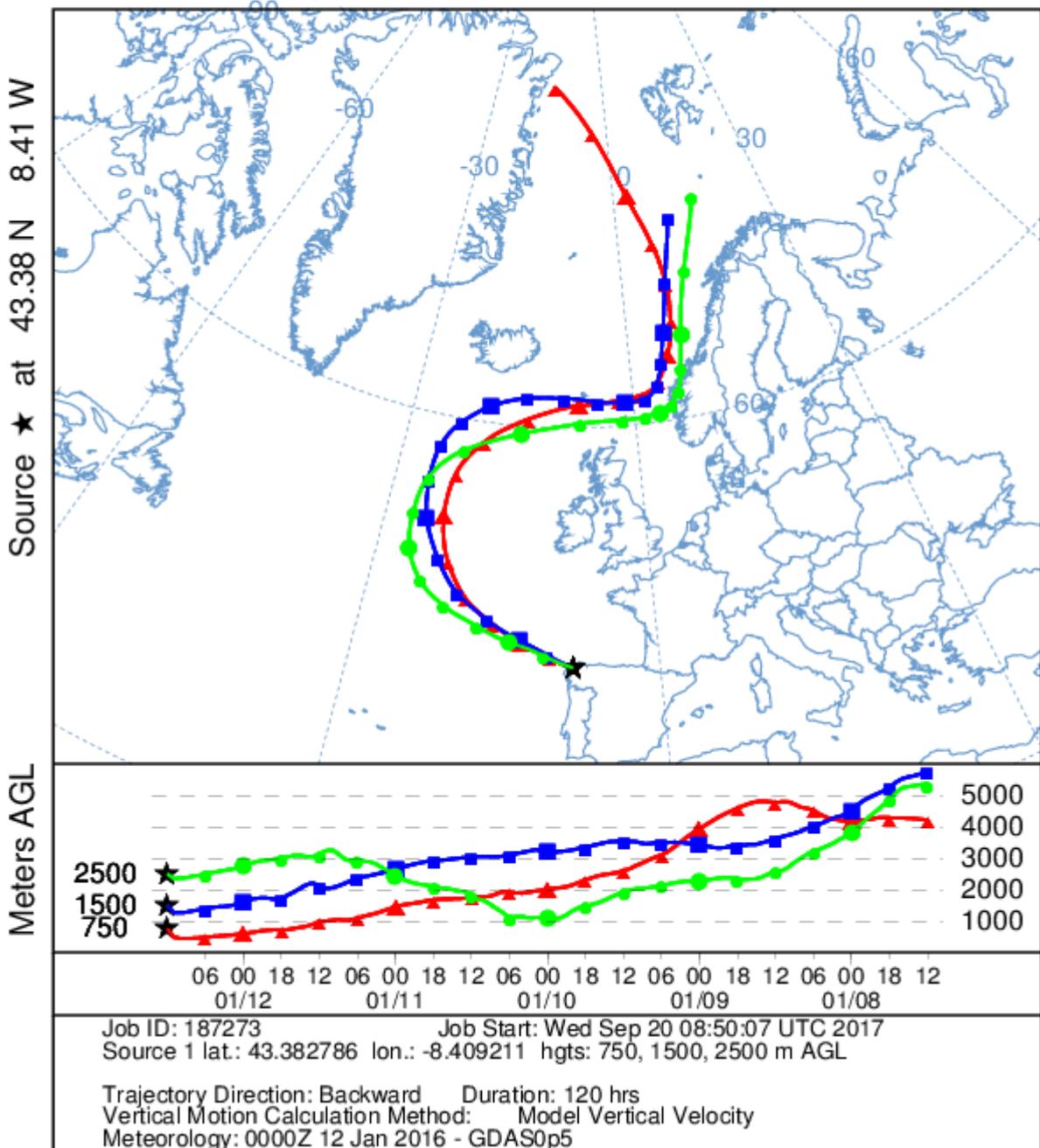


Gráfica 39. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 12/01/2016



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 europeo.

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1200 UTC 12 Jan 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 40. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 12/01/2016

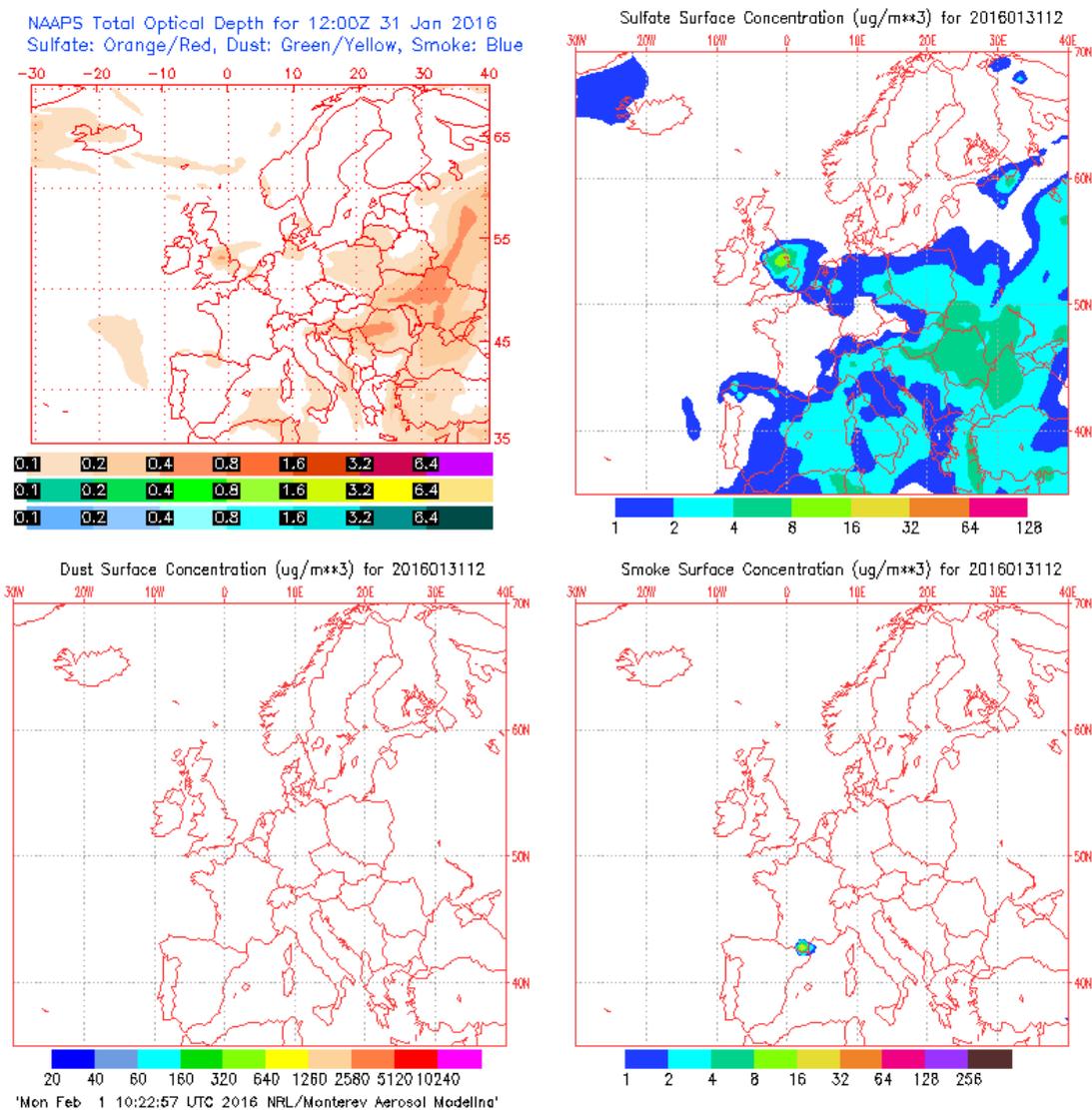


31 DE ENERO DE 2016

Se registró con el analizador automático una concentración de PM₁₀ de 54 µg/m³. La máxima horaria de altura de las olas en la boya de Estaca de Bares fue de 5.74 m y de 4.78 en Punta Langosteira, lo cual supone un aviso de nivel naranja. La altura media de las olas fue de 5.21 m en Estaca de Bares y de 4.16 en Punta Langosteira. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 35.7 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 13.68 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 82.84%.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 41 muestra que **existen sulfatos** en superficie. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.

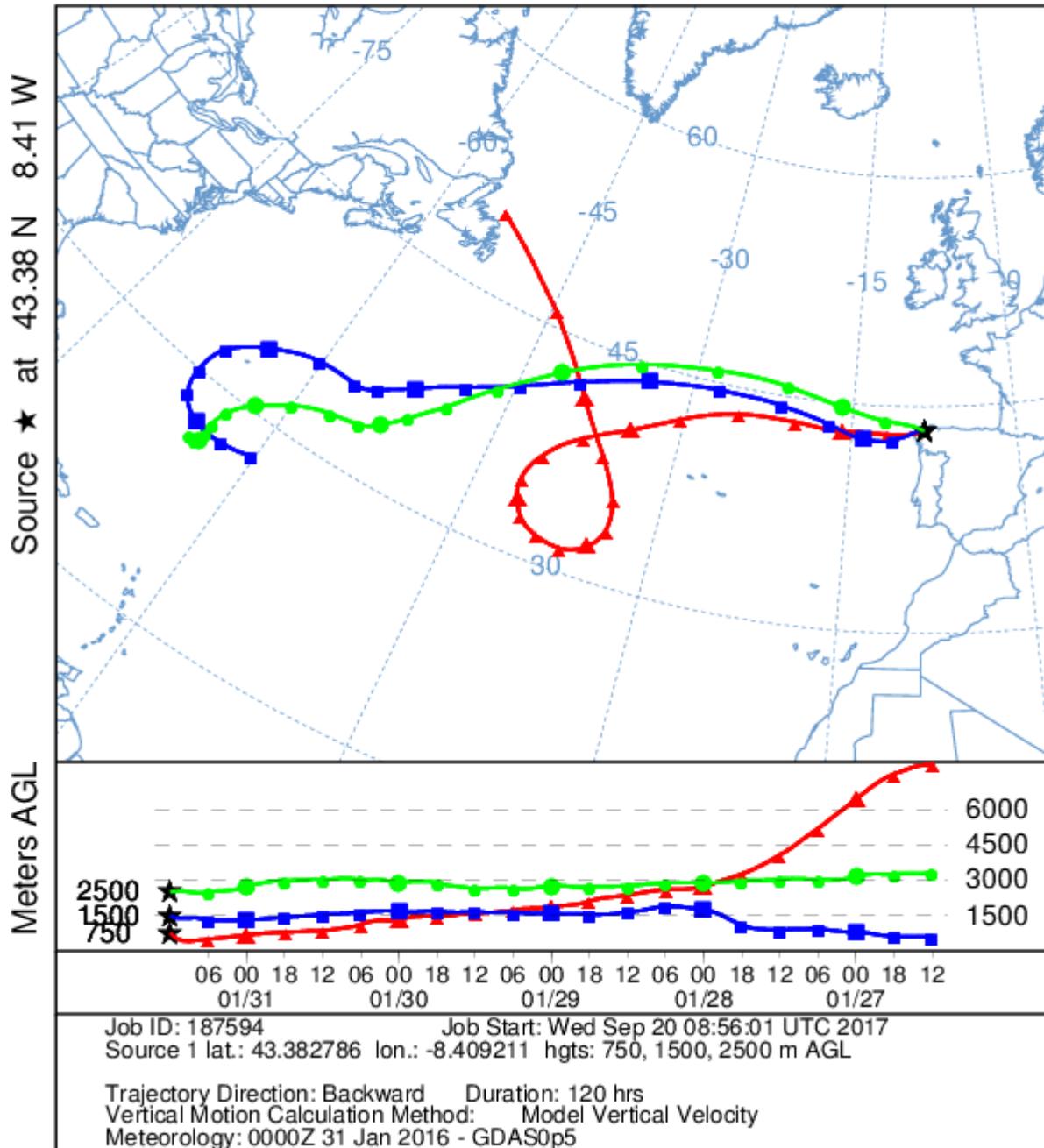


Gráfica 41. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 13/01/2016



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 zonas limpias como el Océano Atlántico.

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1200 UTC 31 Jan 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 42. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 31/01/2016.

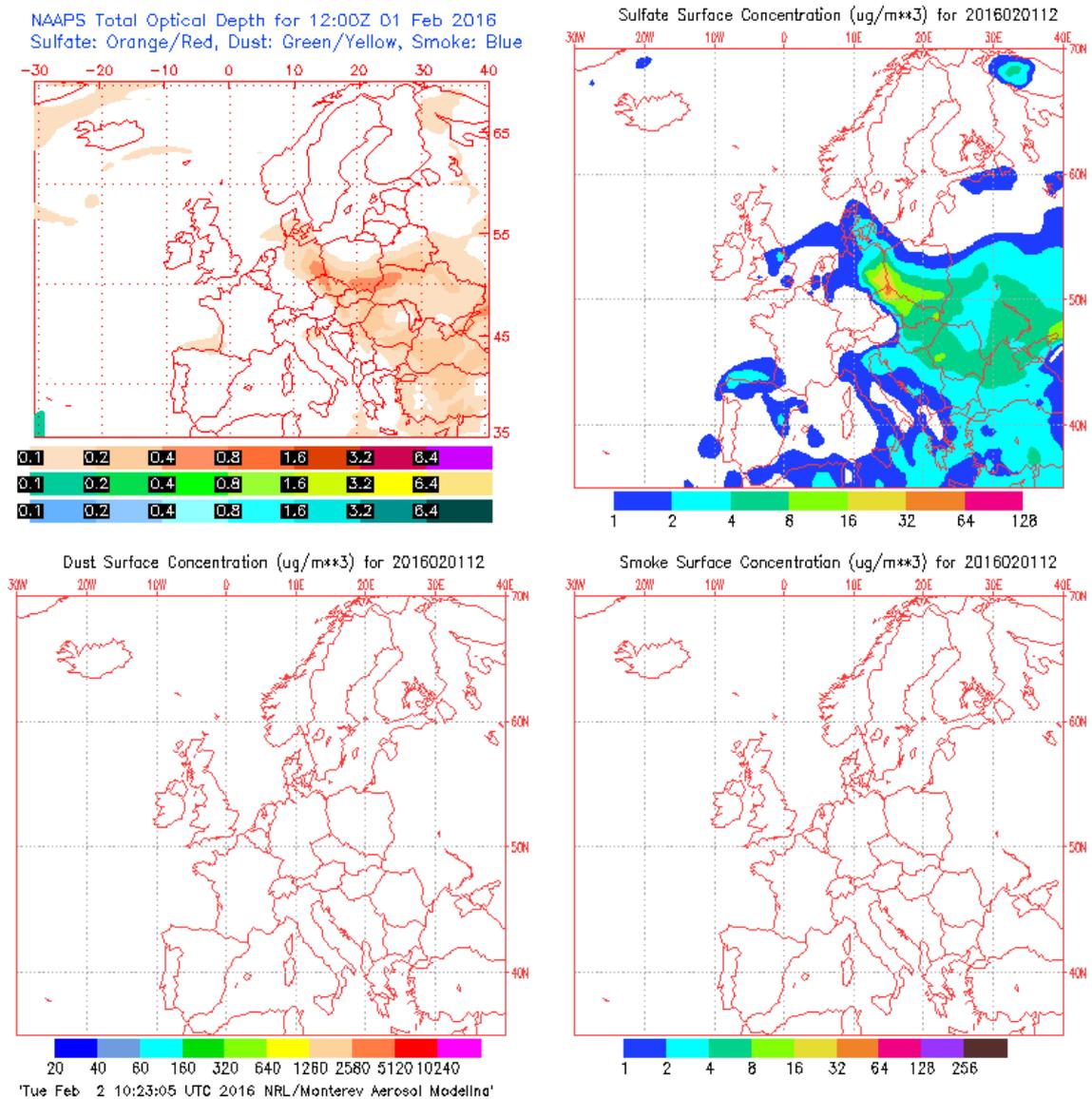


1 DE FEBRERO DE 2016

La concentración de PM₁₀ fue de 85 µg/m³ medida con el analizador automático. En esta fecha se registró una máxima horaria de altura de las olas de 4.57 m en la boya de Estaca de Bares y 4.26 m en Punta Langosteira, lo cual se corresponde con el nivel amarillo. La altura media de las olas fue de 3.56 m en Punta Langosteira y 3.82 m en Bares. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 23.4 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 17.4 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 66.9%.

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

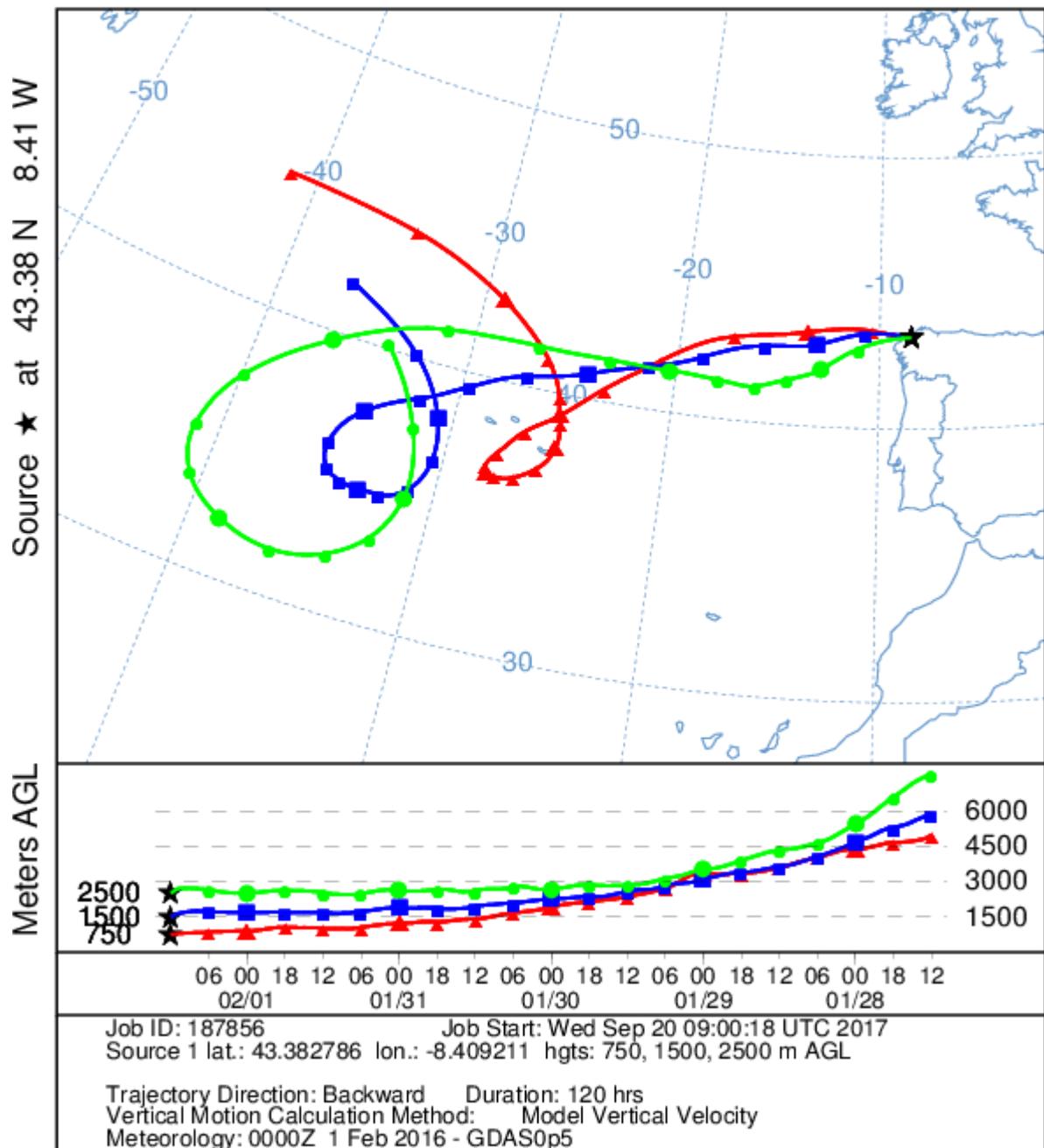


Gráfica 43. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 01/02/2016



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.

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1200 UTC 01 Feb 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 44. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOAA para el 01/02/2016

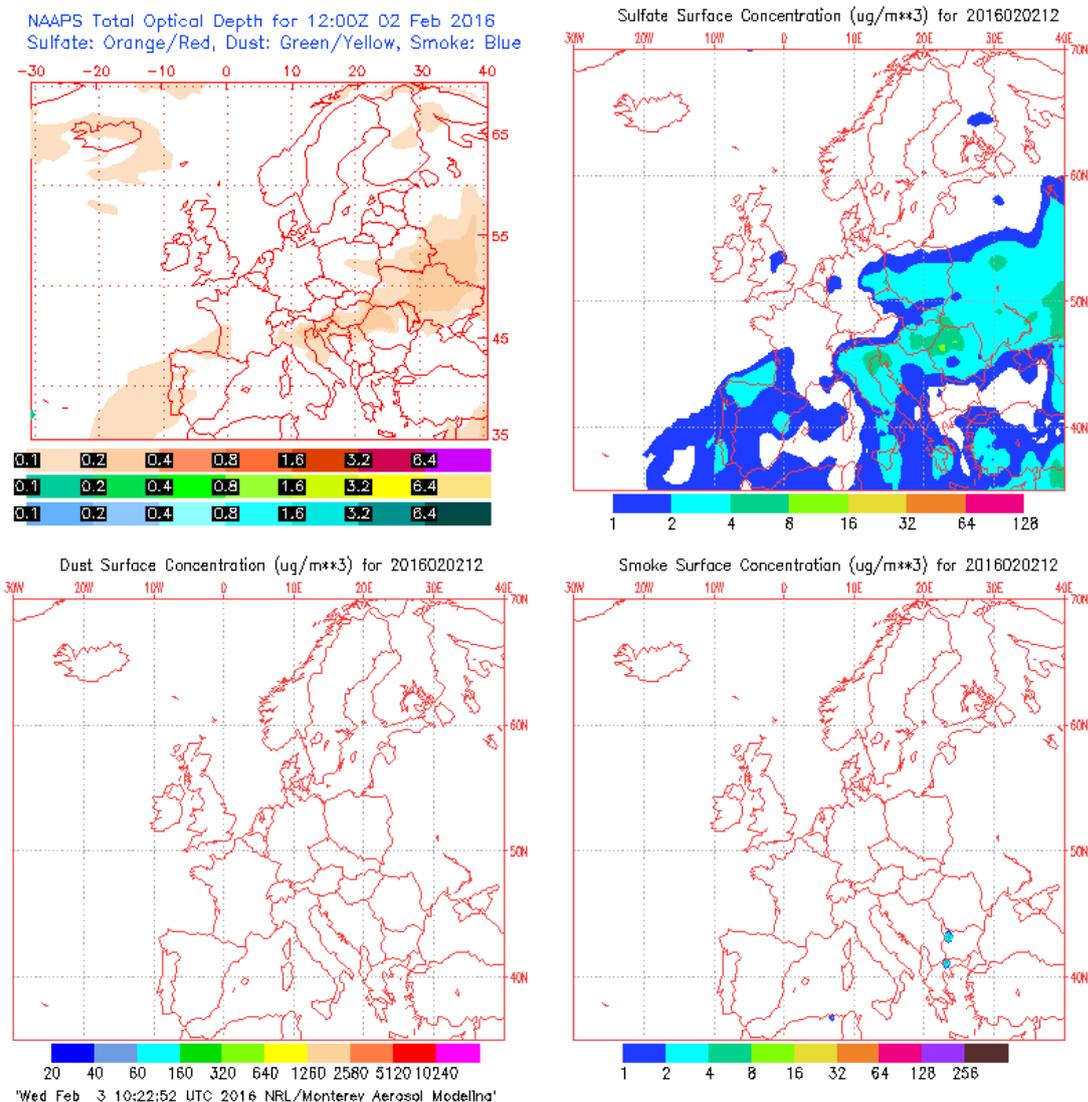


2 DE FEBRERO DE 2016

Se produxo superación del VLD de PM₁₀, ya que la concentración registrada con el analizador automático fue de 77 µg/m³. En la boya de Estaca de Bares se midió una altura máxima horaria de las olas de 5.04 m y en Punta Langosteira, de 4.57 m; lo cual se corresponde con aviso de nivel naranja. La altura media de las olas fue de 4.57 en Bares y 3.70 m en Punta Langosteira. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 39.4 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 16.63 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 70.2%.

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

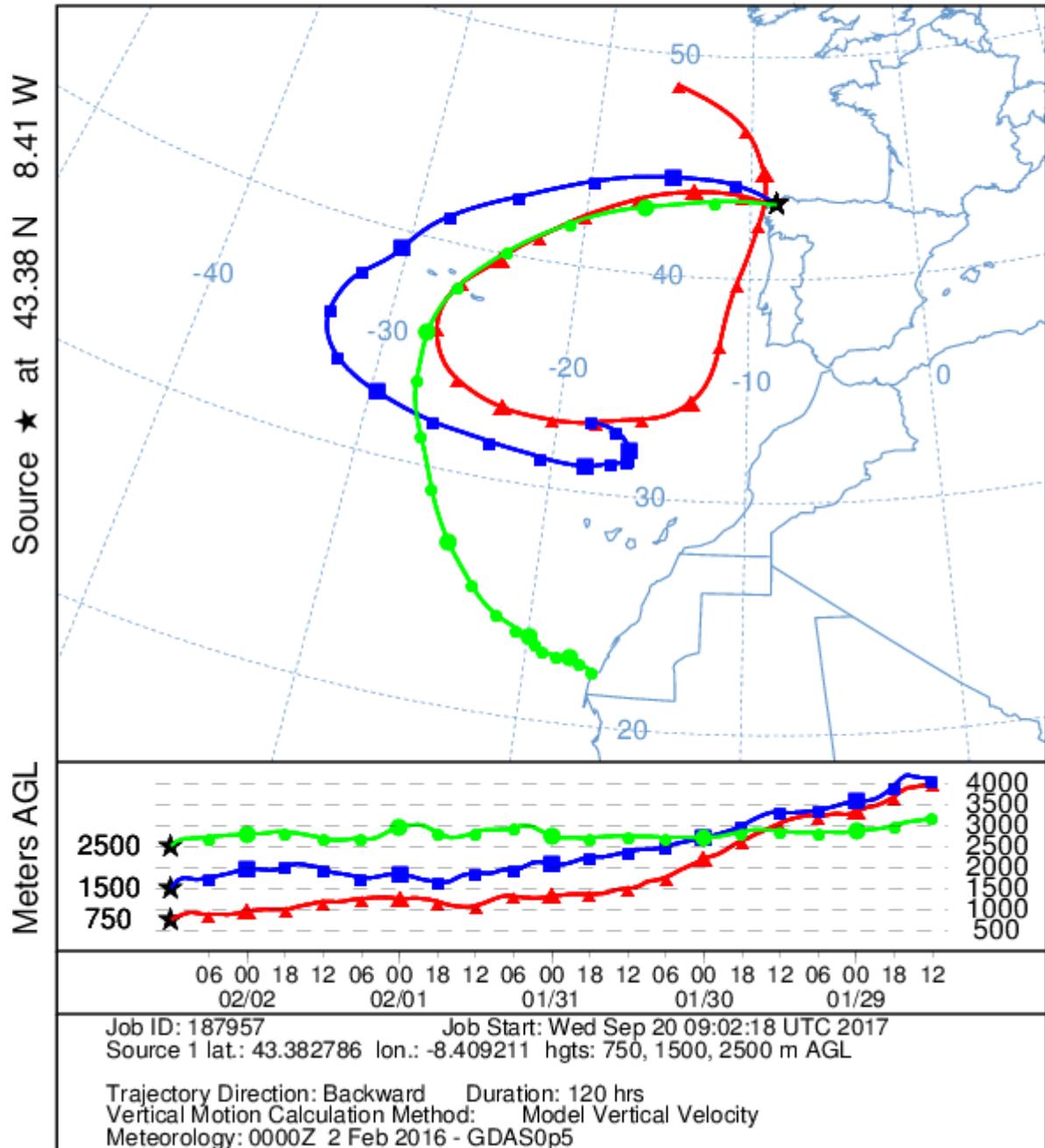


Gráfica 45. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 02/02/2016



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 46 muestra que las masas de aire proceden de zonas limpias como el Océano Atlántico.

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1200 UTC 02 Feb 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 46. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOAA para el 02/02/2016

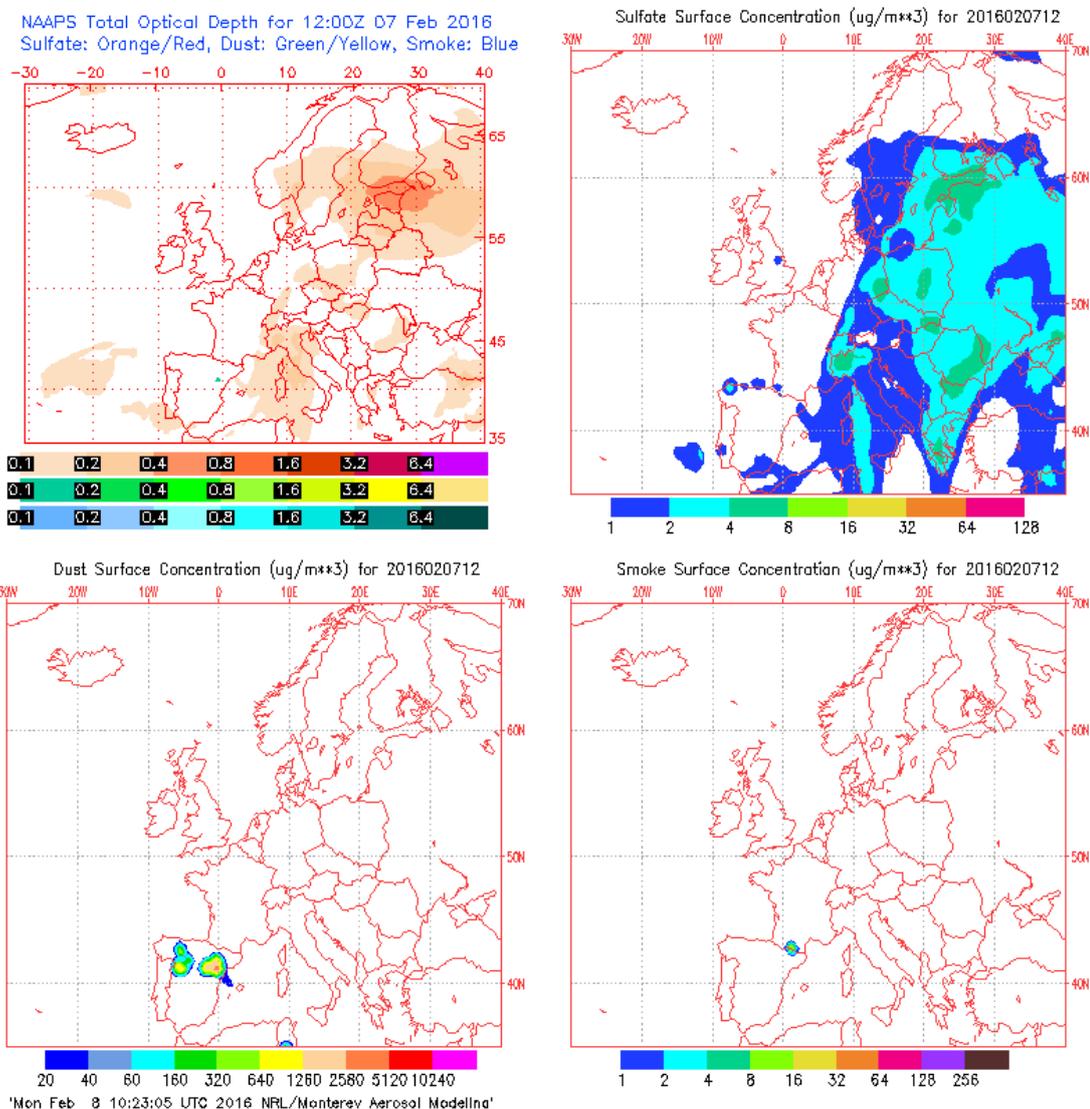


7 DE FEBRERO DE 2016

La concentración de PM₁₀ fue de 55 µg/m³, medida con el analizador automático. Se registraron máximas horarias de altura de las olas de 7.73 m en la boya de Estaca de Bares y de 5.60 en Punta Langosteira, lo cual supone un aviso de nivel naranja. La altura media de las olas fue de 6.72 m en Bares y 5.36 m en Punta Langosteira. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 70.5 km/h, lo cual se corresponde con un viento muy fuerte.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 13.76 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 81.8%.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 47 muestra **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.

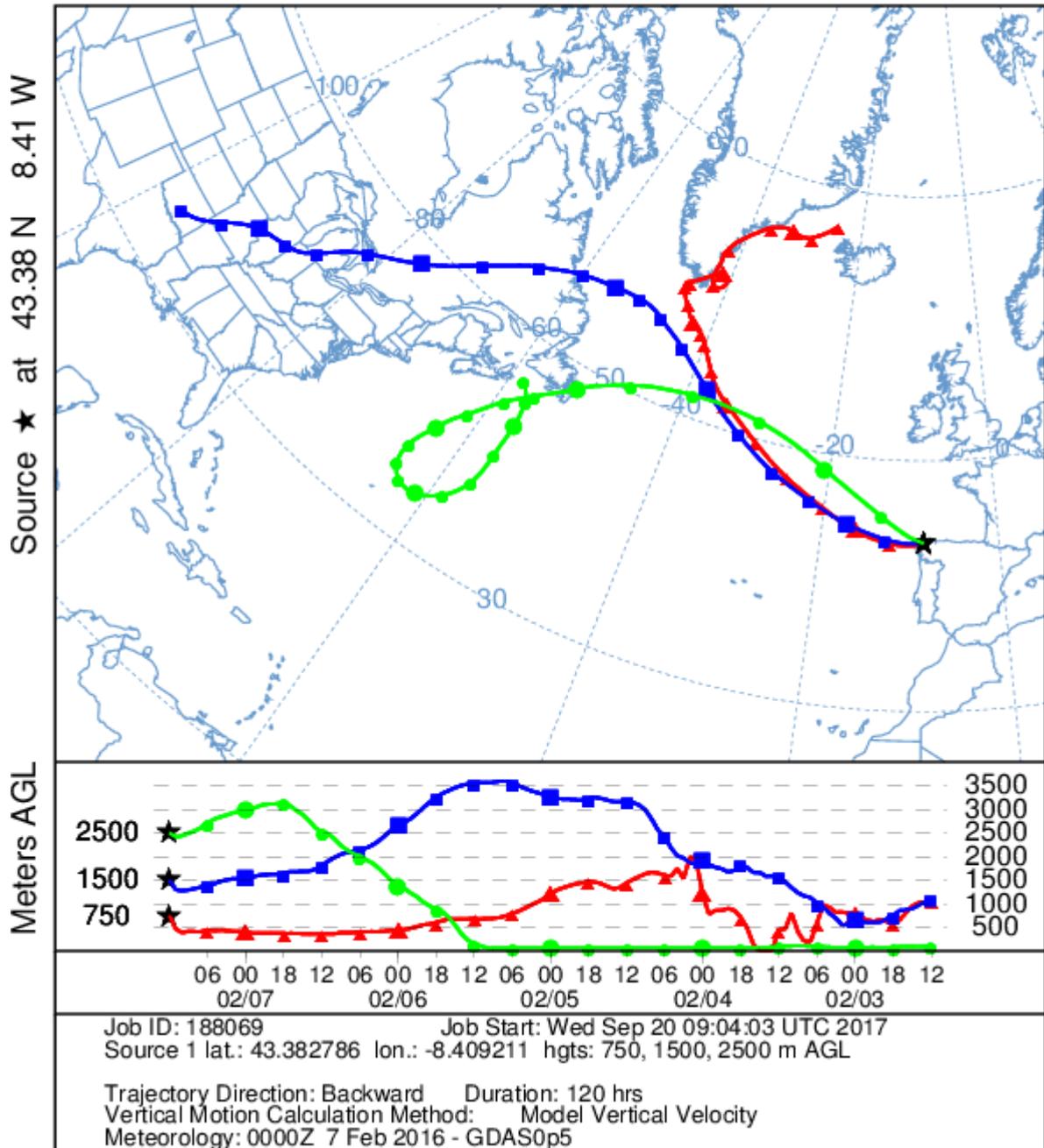


Gráfica 47. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 07/02/2016



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.

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1200 UTC 07 Feb 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 48. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOAA para el 07/02/2016

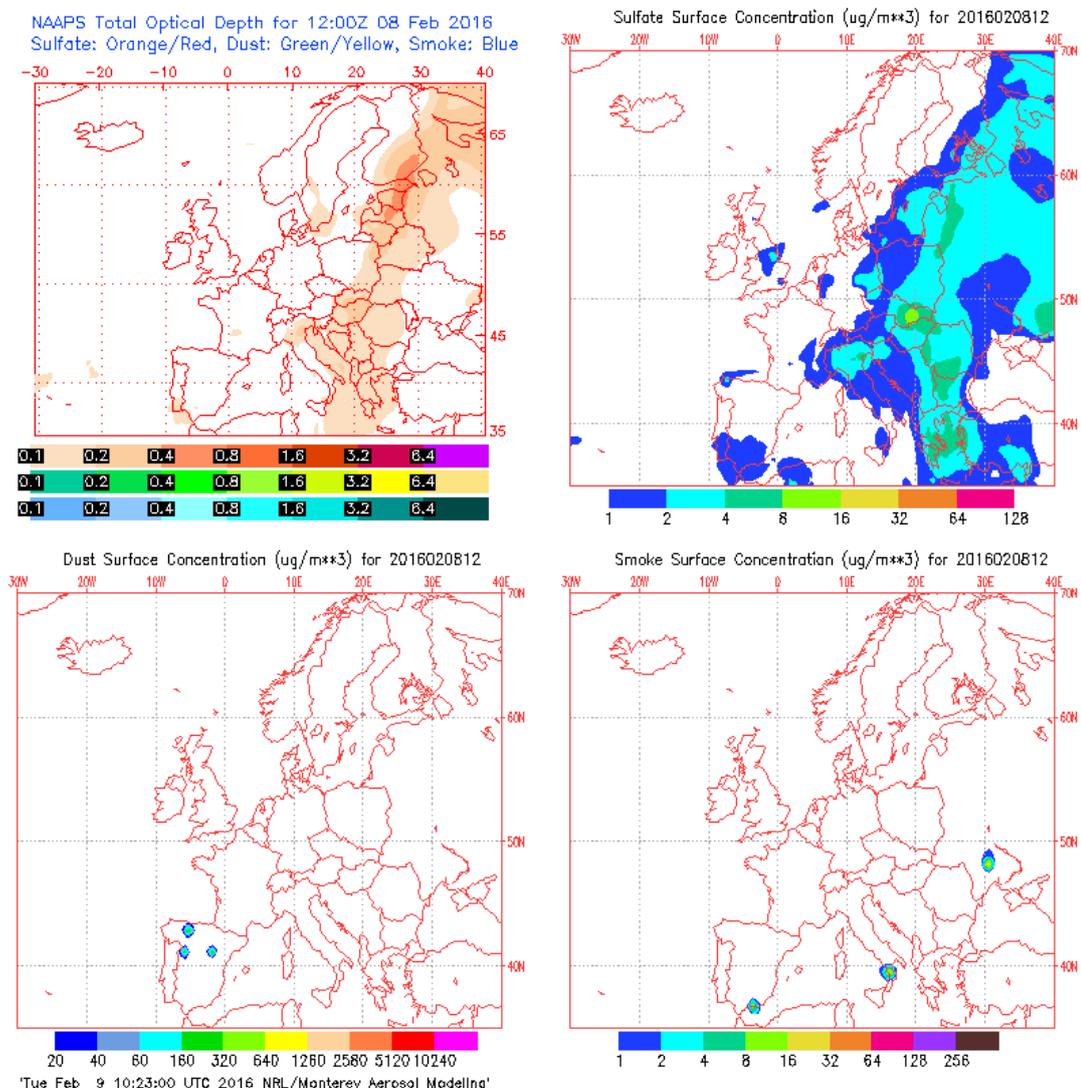


8 DE FEBRERO DE 2016

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 11.95 m en la boya de Estaca de Bares y 9.96 m en Punta Langosteira, lo que corresponde con el nivel rojo de alerta. La altura media de las olas fue de 7.99 m en Bares y de 6.59 m en Punta Langosteira. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 66.9 km/h, lo cual se corresponde con un viento fuerte.

La concentración de Na^+ en el filtro fue de 15.04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, lo cual quiere decir que el porcentaje de sal marina en la composición de la fracción PM_{10} de la materia particulada fue del 83.4%.

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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.

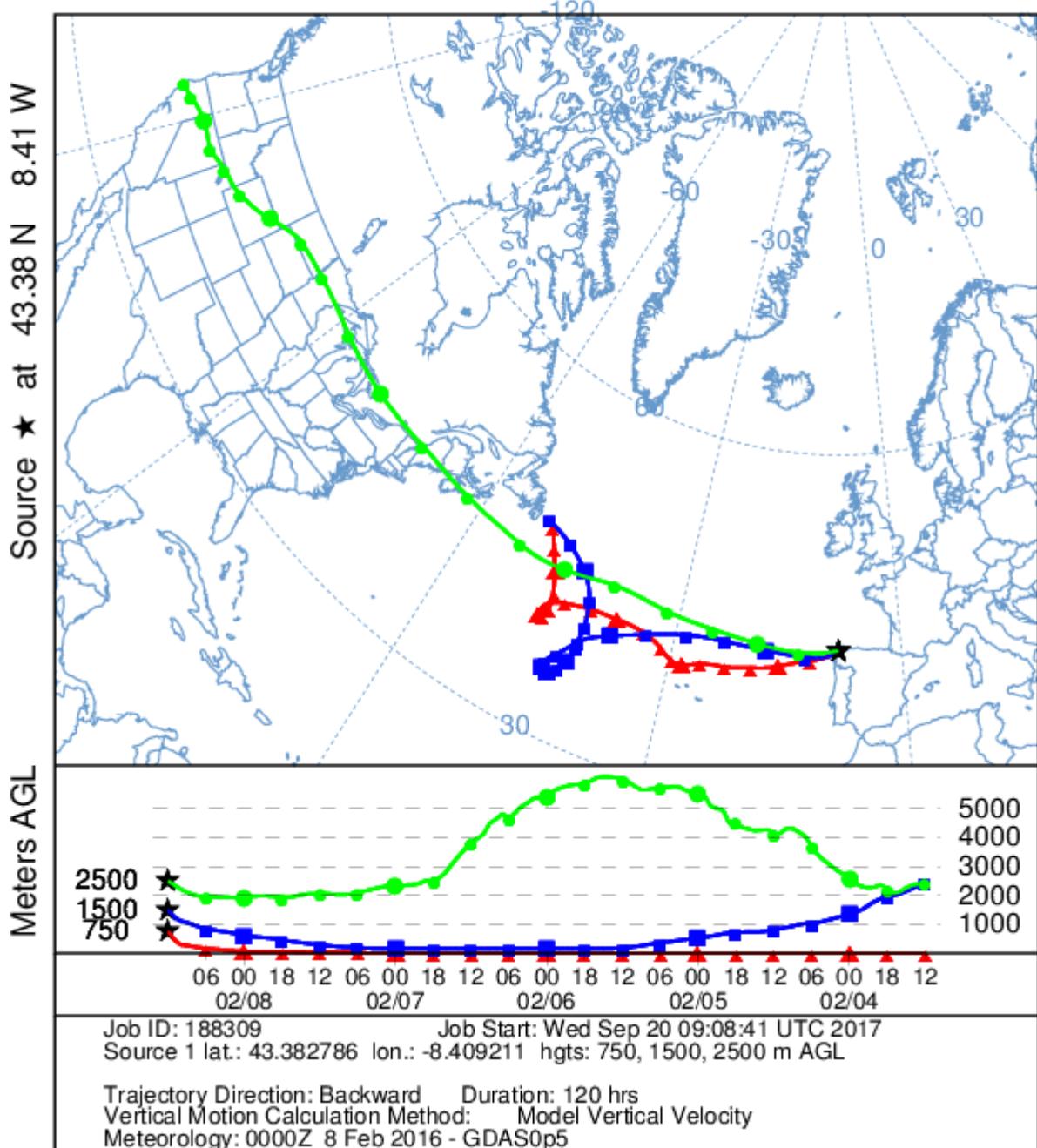


Gráfica 49. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 08/02/2016



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 50 muestra que las masas de aire proceden del norte del continente europeo y de zonas limpias como el Océano Atlántico.

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1200 UTC 08 Feb 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 50. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 08/02/2016

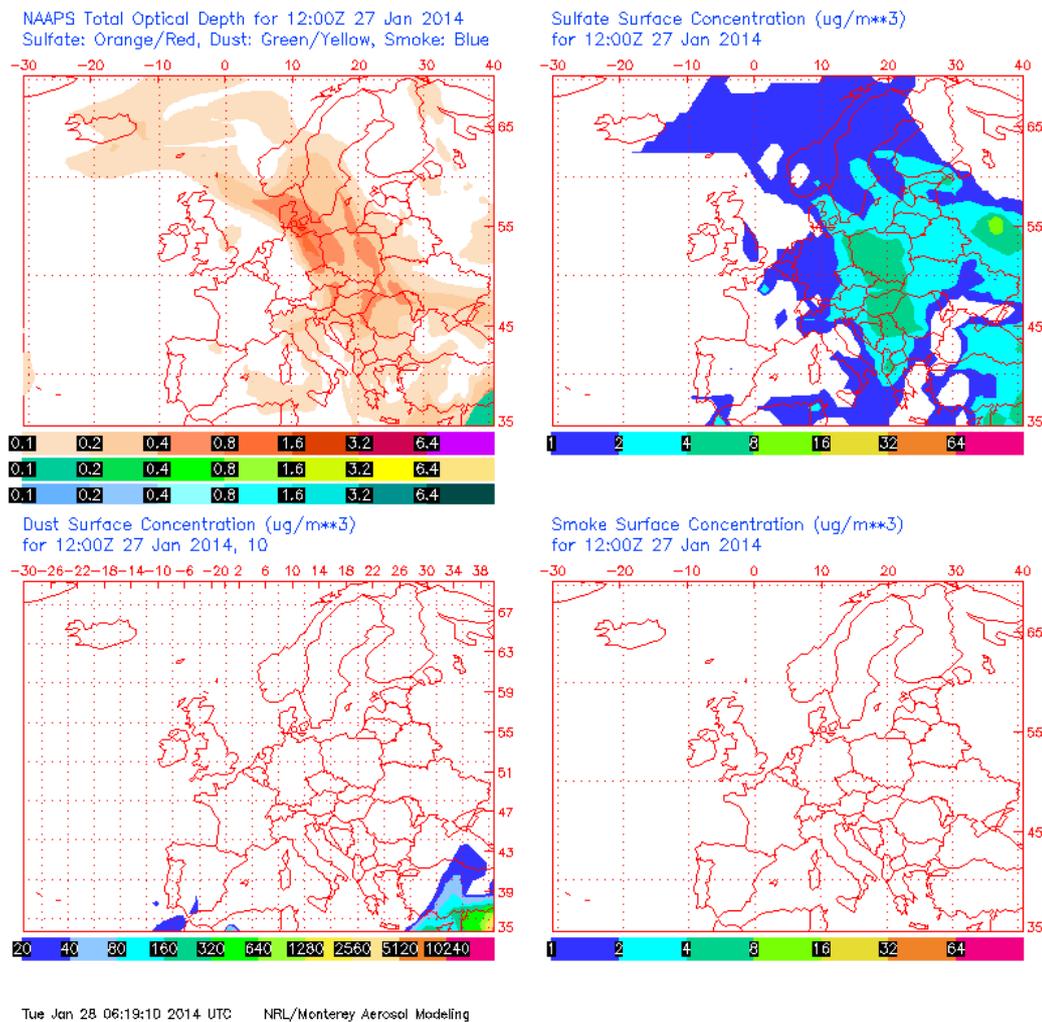


9 DE FEBRERO DE 2016

La concentración de PM₁₀ medida con el analizador automático fue de 53 µg/m³. Este día se registraron máximas horarias de altura de las olas de 9.02 m en la boya de Estaca de Bares y de 6.86 en la de Langosteira, lo cual supone un aviso de nivel rojo. La altura media de las olas fue de 7.45 m en Bares y de 5.61 m en Punta Langosteira. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 85.6 km/h, lo cual se corresponde con un viento muy fuerte.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 13.33 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 82.2%.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 51 muestra nulas concentraciones de sulfato en superficie. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.

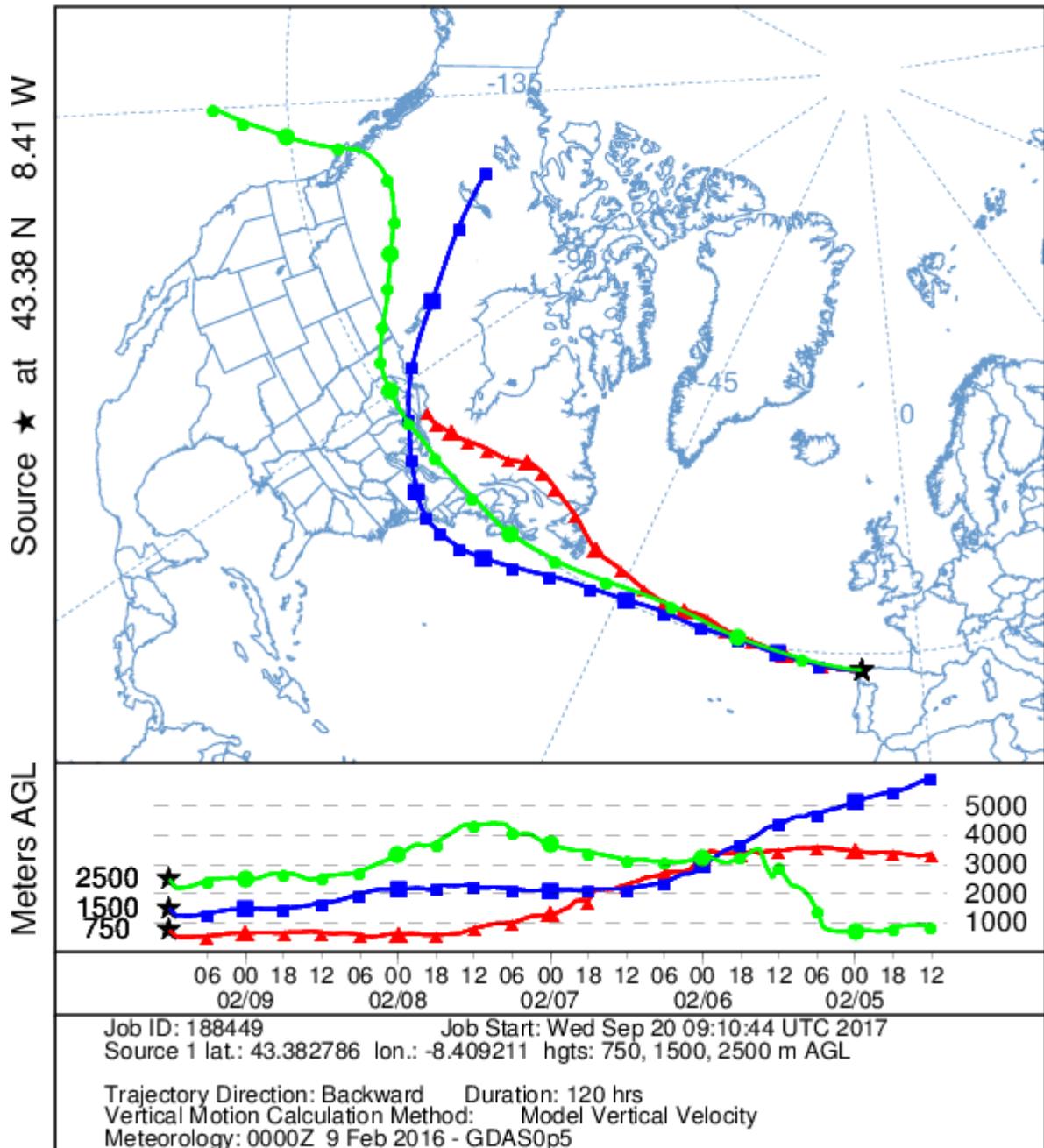


Gráfica 51. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 09/02/2016



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 52 muestra que las masas de aire proceden del transporte a largas distancias desde el norte del continente americano.

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1200 UTC 09 Feb 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 52. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOAA para el 09/02/2016

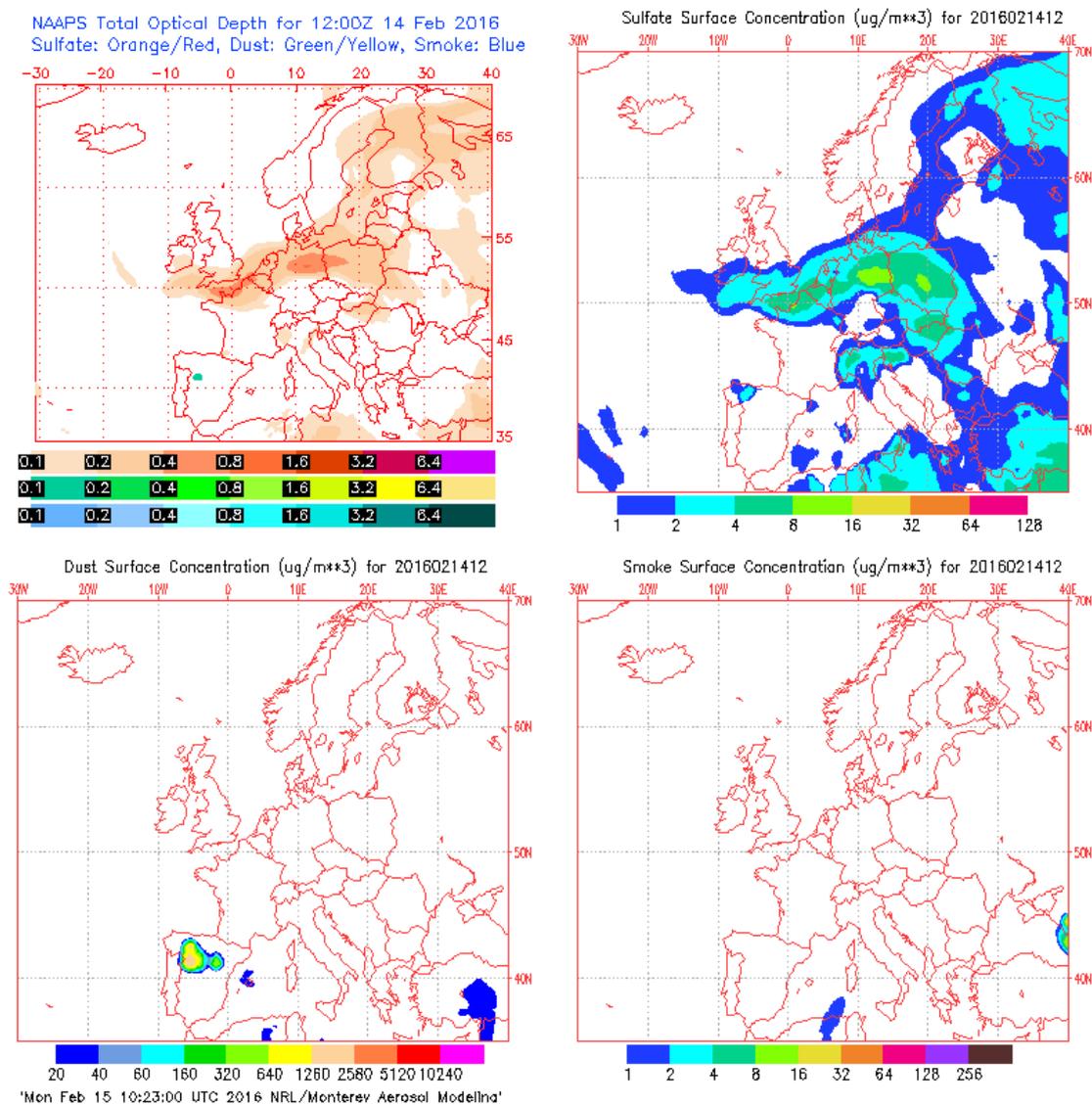


14 DE FEBRERO DE 2016

El analizador automático de PM₁₀ midió 68 µg/m³ de media diaria. Se registraron máximas horarias de altura de las olas de 10.43 m en la boya de Estaca de Bares y 8.80 en Langosteira, lo cual se corresponde con aviso de nivel rojo. La altura media de las olas fue de 6.70 m en Bares y de 5.69 en Langosteira. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 102.7 km/h, lo cual se corresponde con un viento muy fuerte.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 17.2 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 82.71%.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 53 muestra bajas **concentraciones de sulfato** en superficie (1-4 ug/m³).

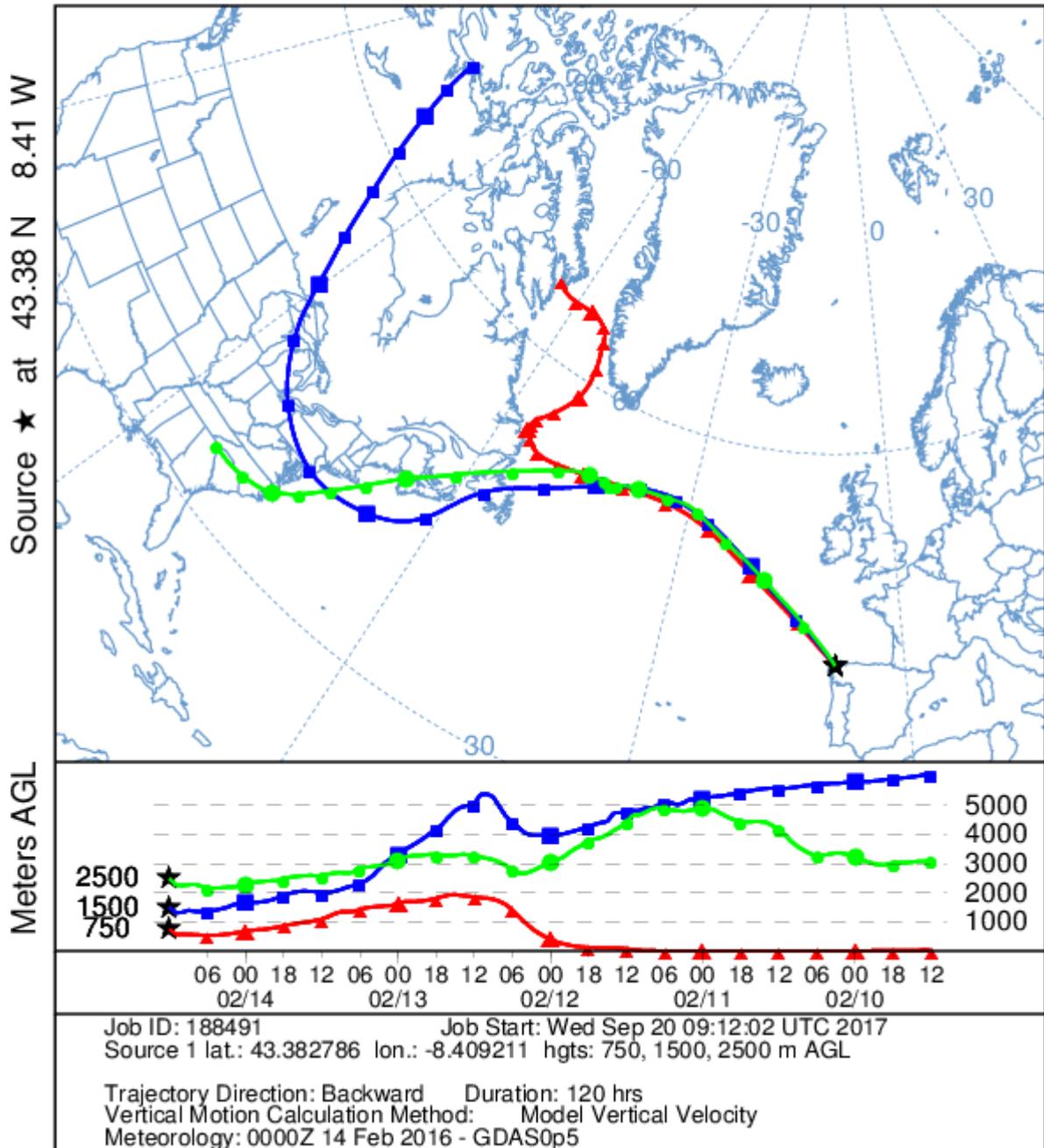


Gráfica 53. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 14/02/2016.



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.

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1200 UTC 14 Feb 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 54. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOAA para el 14/02/2016

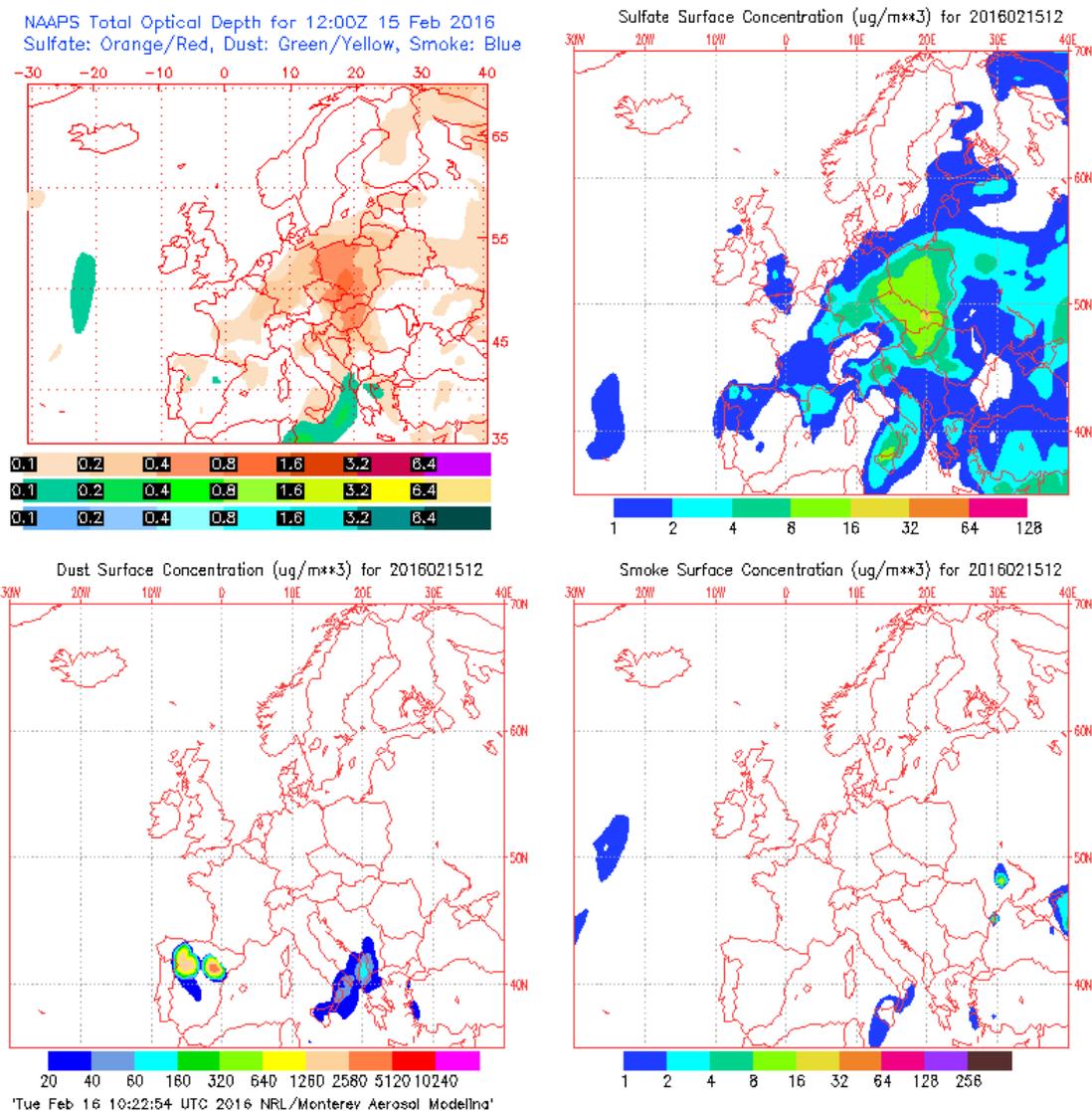


15 DE FEBRERO DE 2016

La media diaria de PM₁₀ recogida con el analizador automático fue de 71 µg/m³. Se registraron máximas horarias de altura de las olas de 9.26 m en la boya de Estaca de Bares y 8.75 en Langosteira, lo cual supone un aviso de nivel rojo. La altura media de las olas fue de 6.37 m y 5.96 m, respectivamente. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 95.4 km/h, lo cual se corresponde con un viento muy fuerte.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 15.37 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 70.8%.

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

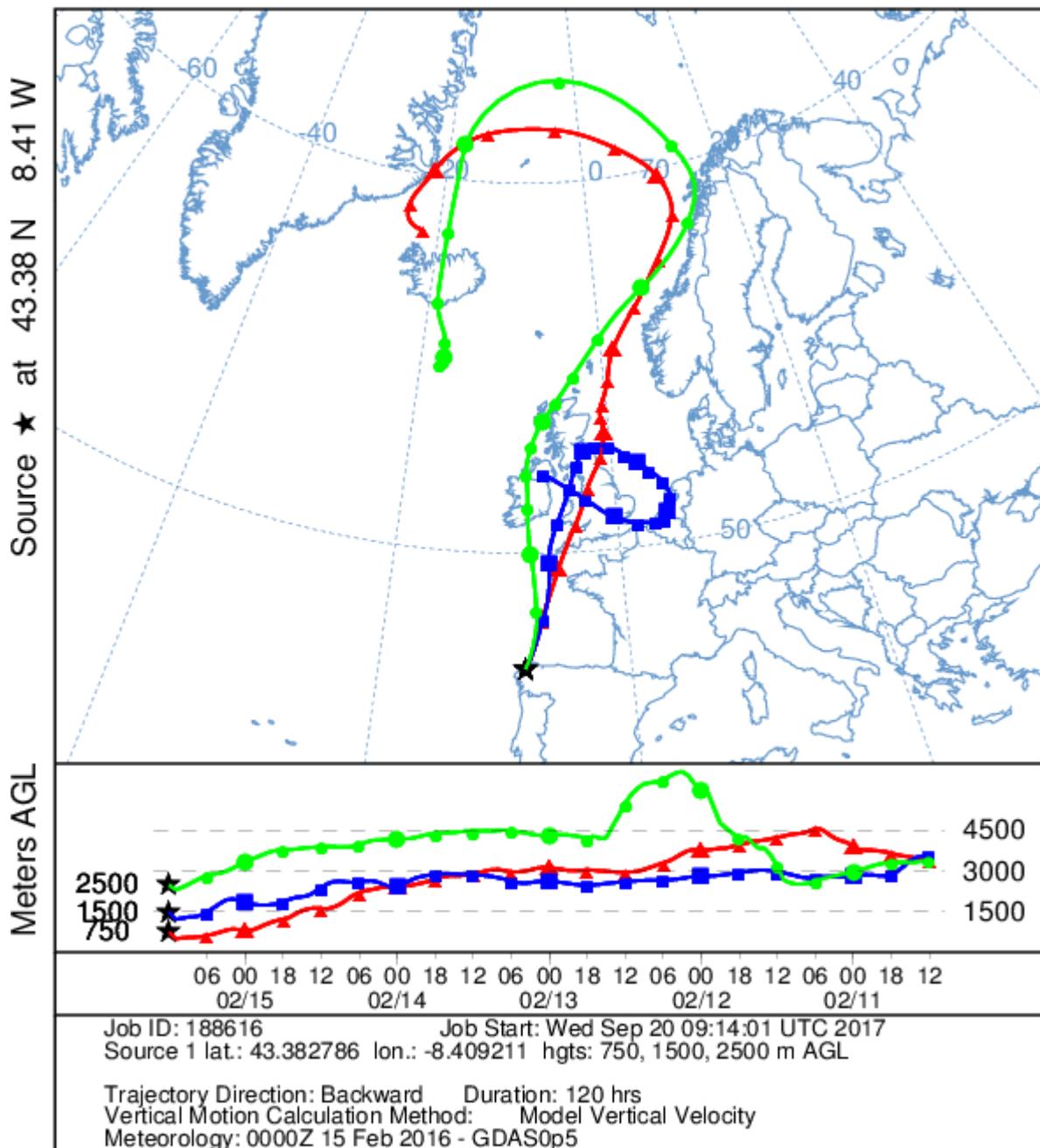


Gráfica 55. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 15/02/2016



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 56 muestra que las masas de aire proceden de distintas zonas según su altura. Mientras las masas de aire a 750 y 2500 m de altura proceden de Islandia, a 1500 m proceden las islas británicas.

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1200 UTC 15 Feb 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 56. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 15/02/2016

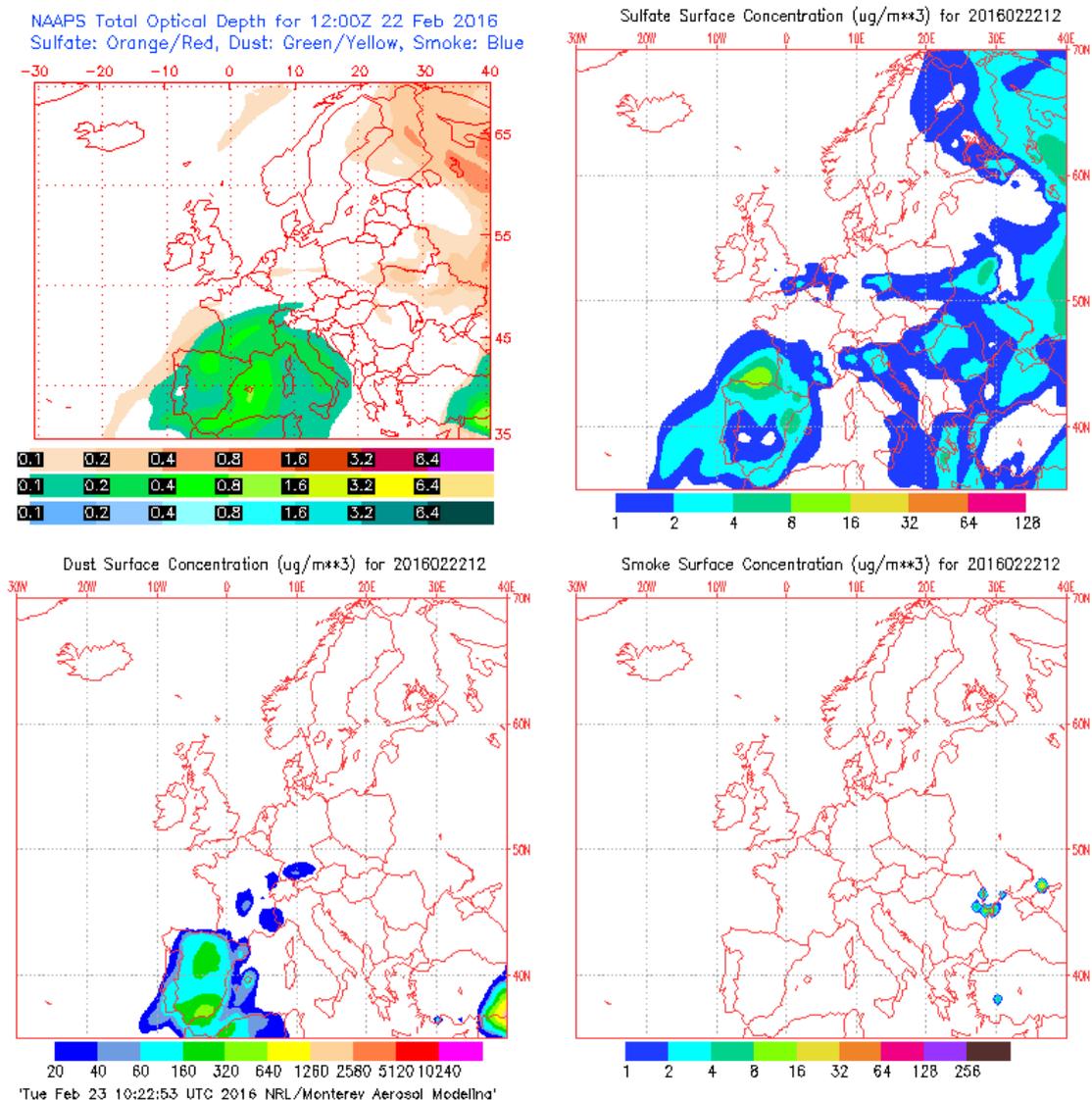


22 DE FEBRERO DE 2016

El analizador automático midió fue de $59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de media diaria para PM_{10} . Hubo máximas horarias de altura de las olas de 4.8 m en la boya de Estaca de Bares y 4.60 m en la de P. Langosteira, lo cual supone un aviso de nivel amarillo. La altura media de las olas fue de 4.03 m y 3.85 m, respectivamente. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 33.6 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

La concentración de Na^+ en el filtro fue de $11.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, lo cual quiere decir que el porcentaje de sal marina en la composición de la fracción PM_{10} de la materia particulada fue del 64.3%.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 57 muestra que **existen concentraciones de polvo y sulfatos en superficie**. El CIEMAT no asigna descuentos correspondientes a este episodio.

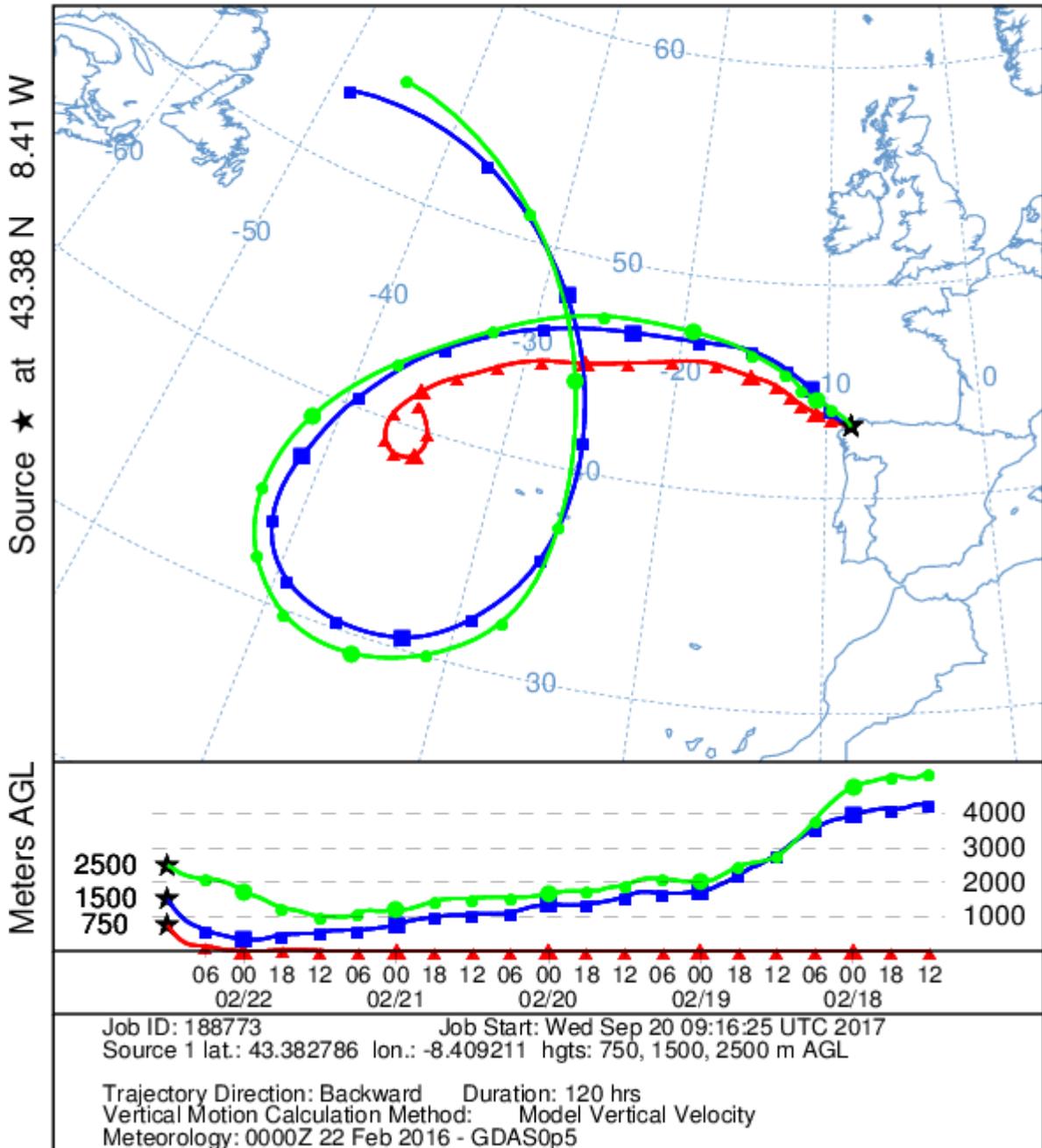


Gráfica 57. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 22/02/2016



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 58 muestra que las masas de aire proceden del transporte a largas distancias desde zonas limpias como el Océano Atlántico.

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1200 UTC 22 Feb 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 58. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 22/02/2016

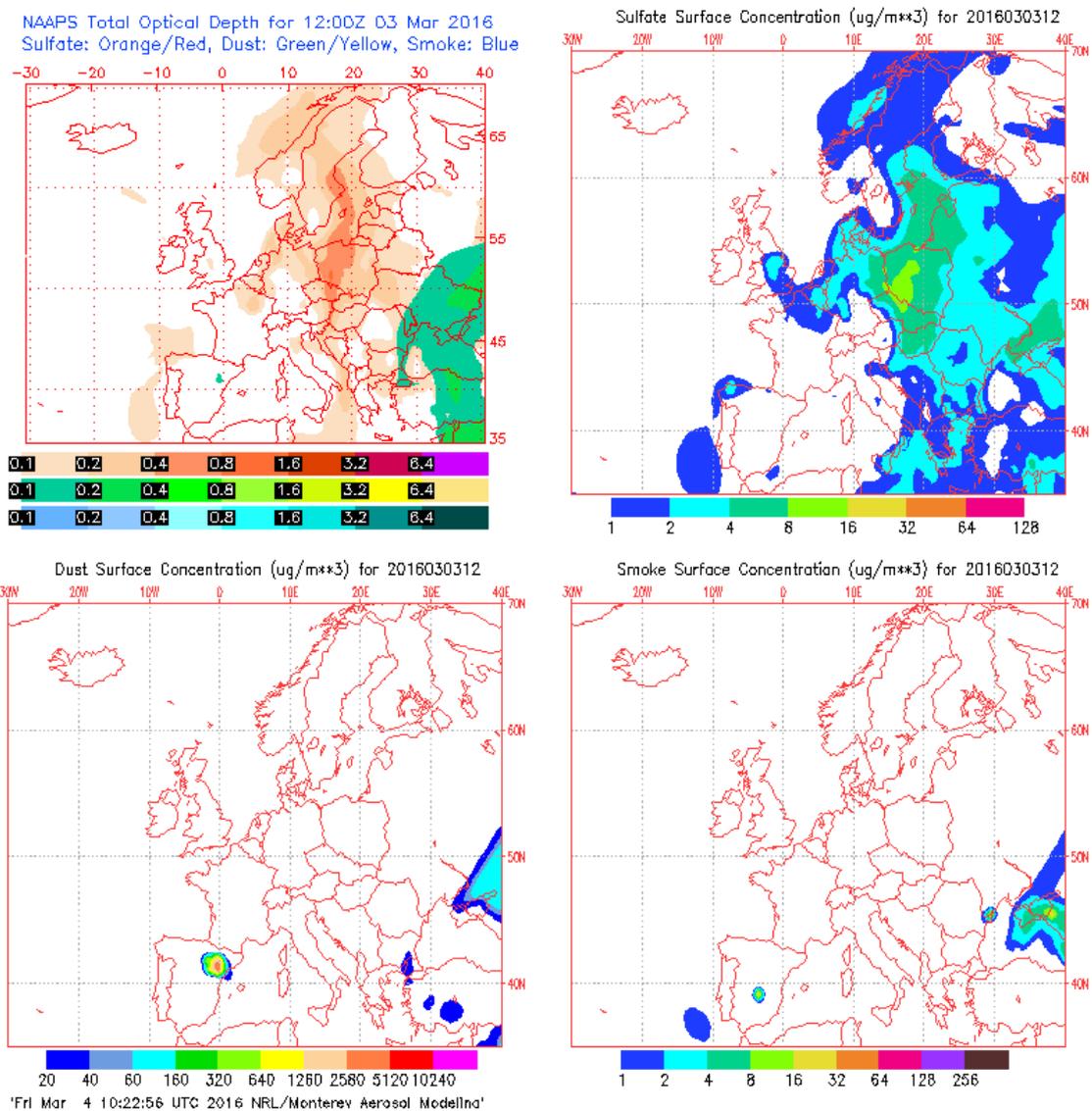


3 DE MARZO DE 2016

La concentración de PM₁₀ fue de 76 µg/m³ registrada con el analizador automático. Hubo máximas horarias de altura de las olas de 5.98 m en la boya de Estaca de Bares y de 5.49 m en Langosteira, lo cual supone un aviso de nivel naranja. La altura media de las olas fue de 4.68 m y 3.98 m respectivamente. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 41 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado a fuerte.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 20.25 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 87.1%.

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

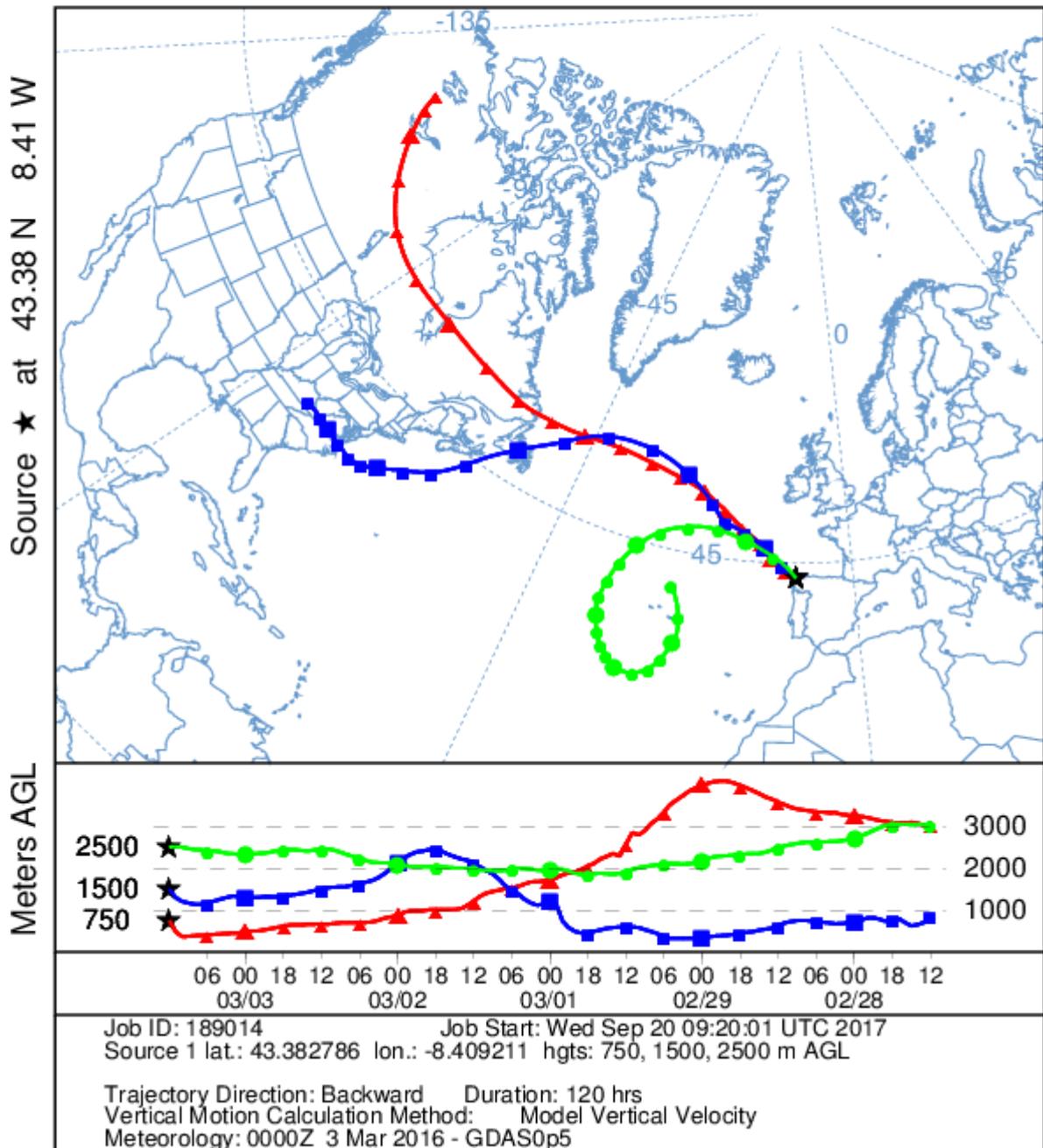


Gráfica 59. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 03/03/2016



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 del Océano Atlántico.

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1200 UTC 03 Mar 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 60. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOAA para el 03/03/2016

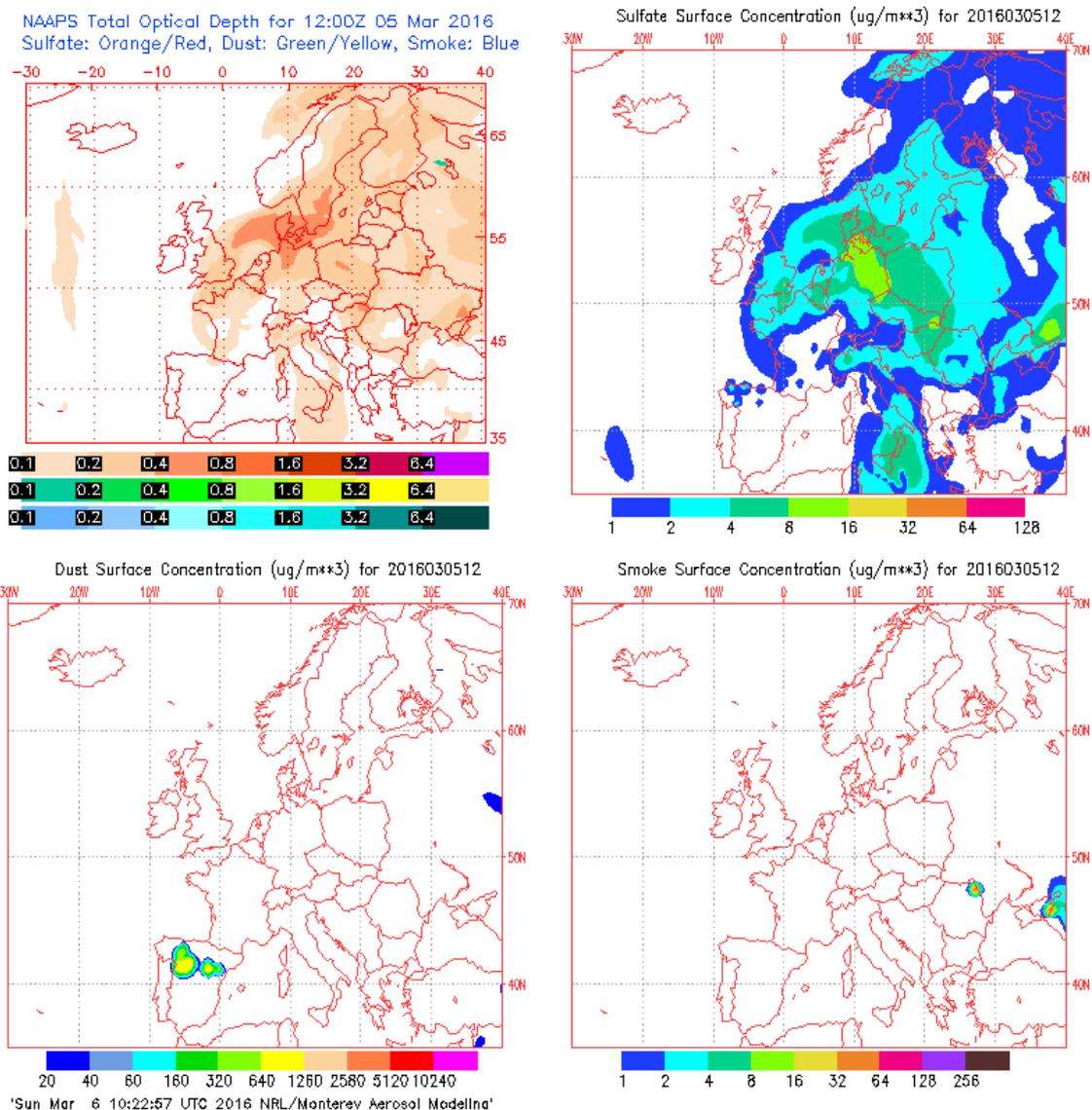


5 DE MARZO DE 2016

La medida diaria de PM₁₀ fue de 72 µg/m³ medida con el analizador automático. Se registraron máximas horarias de altura de las olas de 6.33 m en la boya de Estaca de Bares y 6.88 en la de Punta Langosteira, lo cual supone un aviso de nivel naranja. La altura media de las olas fue de 5.39 m y 5.42 respectivamente. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 68.8 km/h, lo cual se corresponde con un viento muy fuerte.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 13.31 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 60.5%.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 61 muestra **bajas concentraciones de sulfato y de polvo en superficie.**

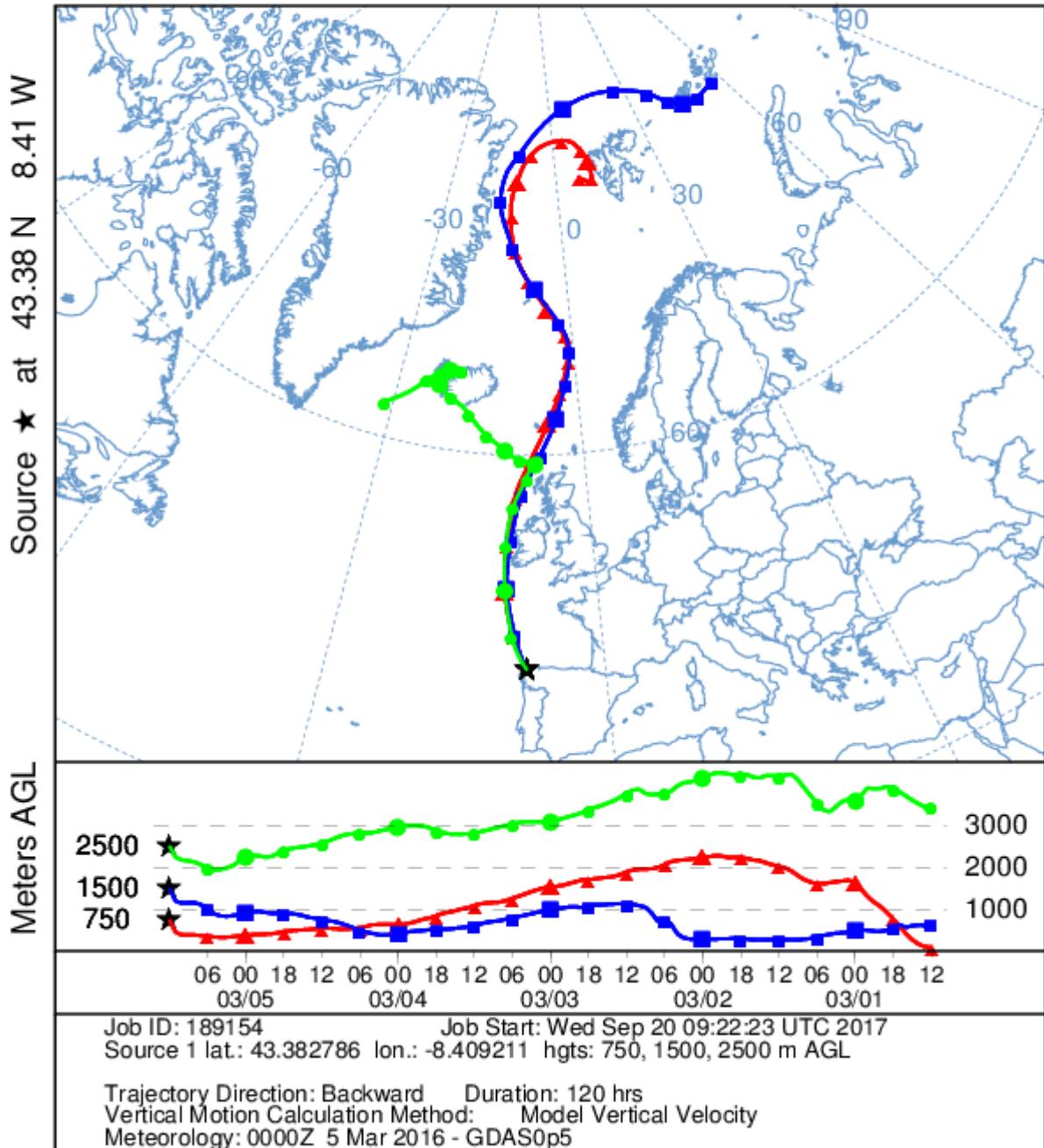


Gráfica 61. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 05/03/2016



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 de Europa.

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1200 UTC 05 Mar 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 62. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 05/03/2016

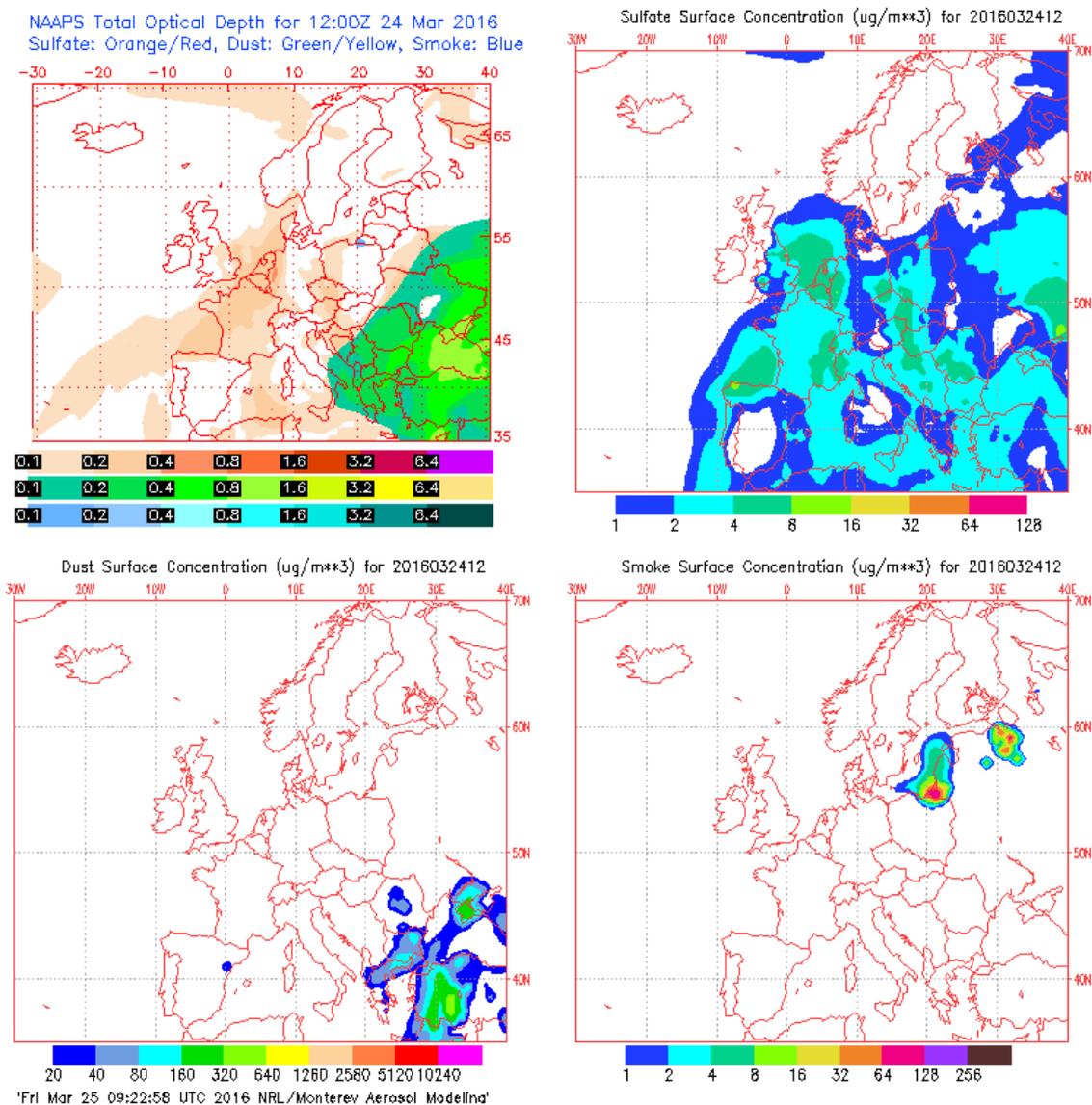


24 DE MARZO DE 2016

El analizador automático registró una concentración de PM₁₀ de 53 µg/m³. Hubo máximas horarias de altura de las olas de 3,75 m en la boya de Estaca de Bares y 3,27 m en Punta Langosteira. La altura media de las olas fue de 2.8 m y 2,5 m, respectivamente. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 24,1 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 8.9 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 54.9%.

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

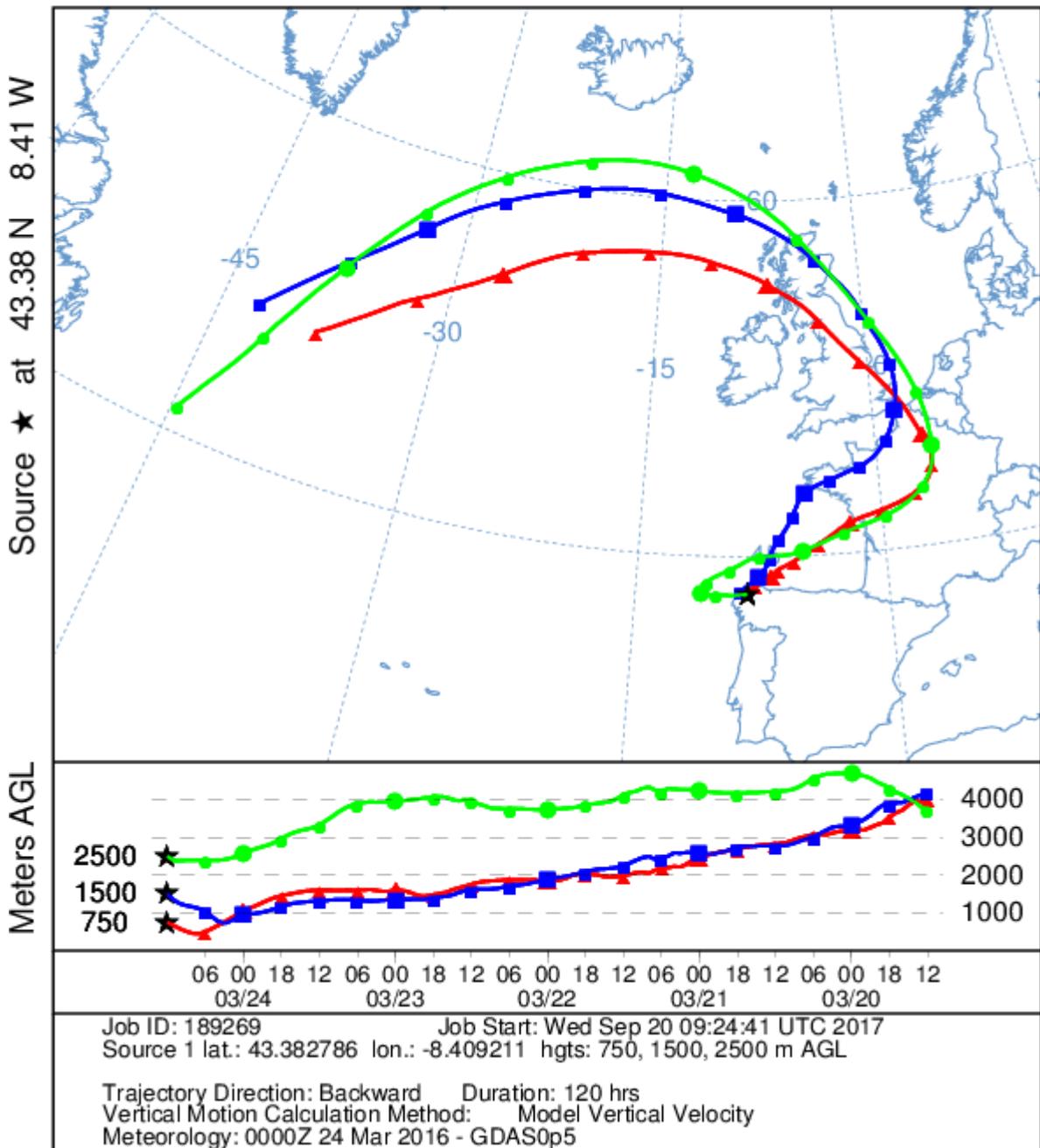


Gráfica 63. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 24/03/2016



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 64 muestra que las masas de aire proceden del Océano Atlántico y rodean las islas británicas.

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1200 UTC 24 Mar 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 64. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 23/03/2016

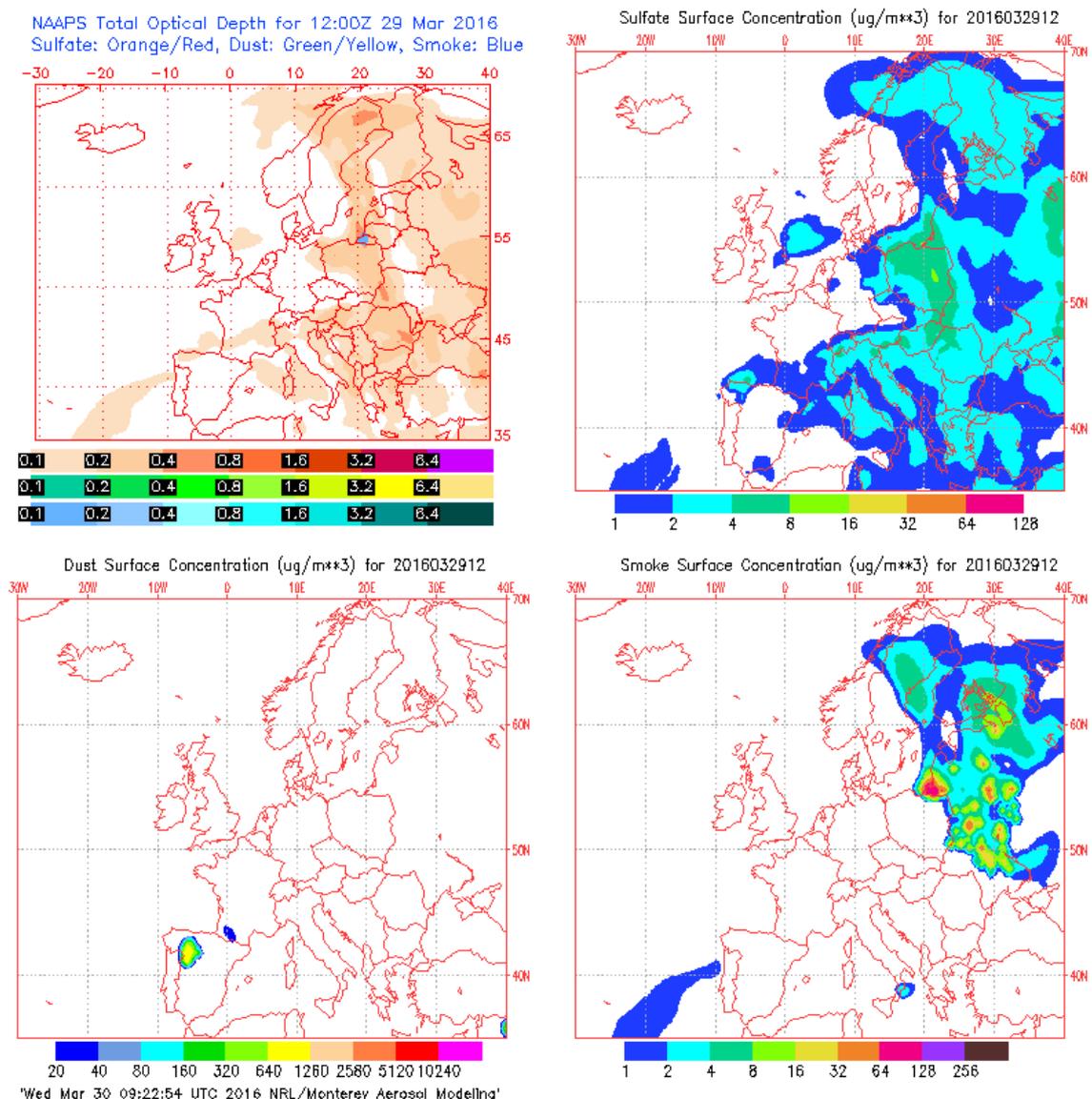


28 DE MARZO DE 2016

La concentración de PM₁₀ fue de 59 µg/m³ medida con el analizador automático. Se registraron máximas horarias de altura de las olas de 7,62 m en la boya de Estaca de Bares y 5,60 en la de Punta Langosteira, lo cual supone un aviso de nivel naranja. La altura media de las olas fue de 5,86 m en Bares y 3,87 m en Langosteira. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 63,6 km/h, lo cual se corresponde con un viento fuerte.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 16.01 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 88.79%.

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

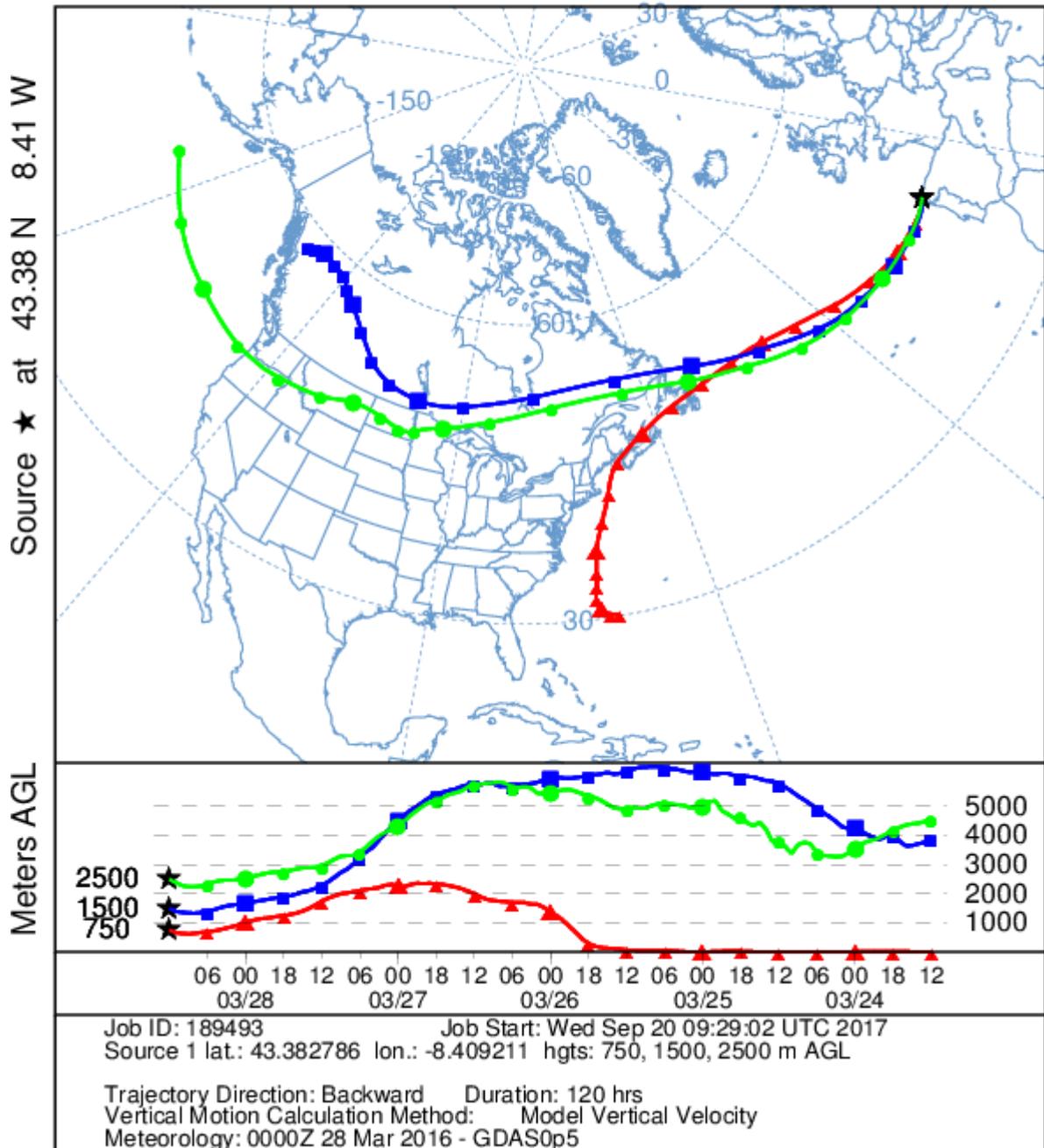


Gráfica 65. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 28/03/2016



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 extremo nororiental del continente americano.

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1200 UTC 28 Mar 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 66. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 28/03/2016

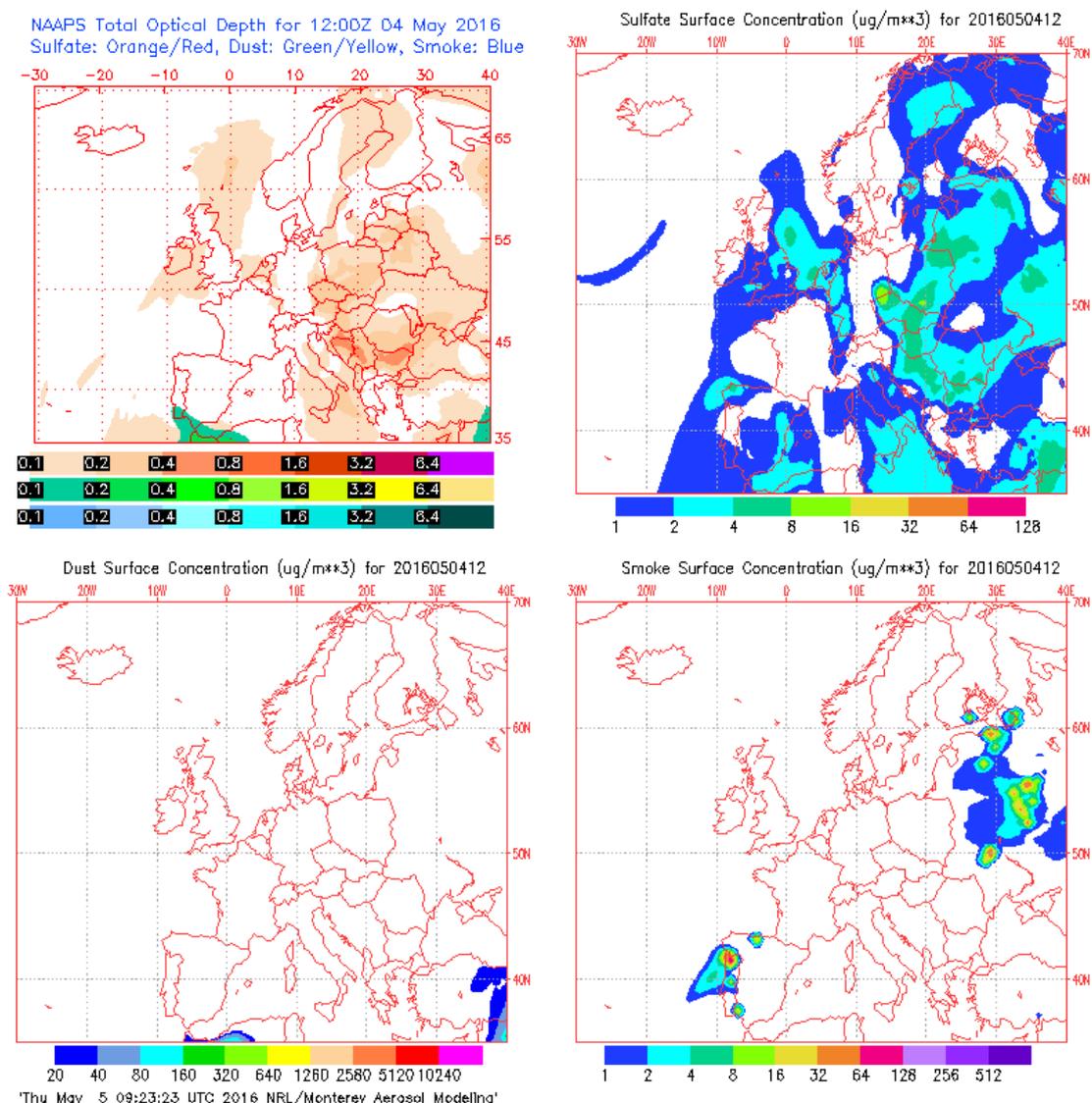


4 DE MAYO DE 2016

La media diaria de PM₁₀ fue de 51 µg/m³ medida con el analizador automático. Hubo máximas horarias de altura de las olas de 3,3 m en la boya de Estaca de Bares y de 2,2 m en la de Punta Langosteira. La altura media de las olas fue de 2,6 m en Bares y de 1,7 m en Langosteira. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 20,9 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 10.09 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 64.69%.

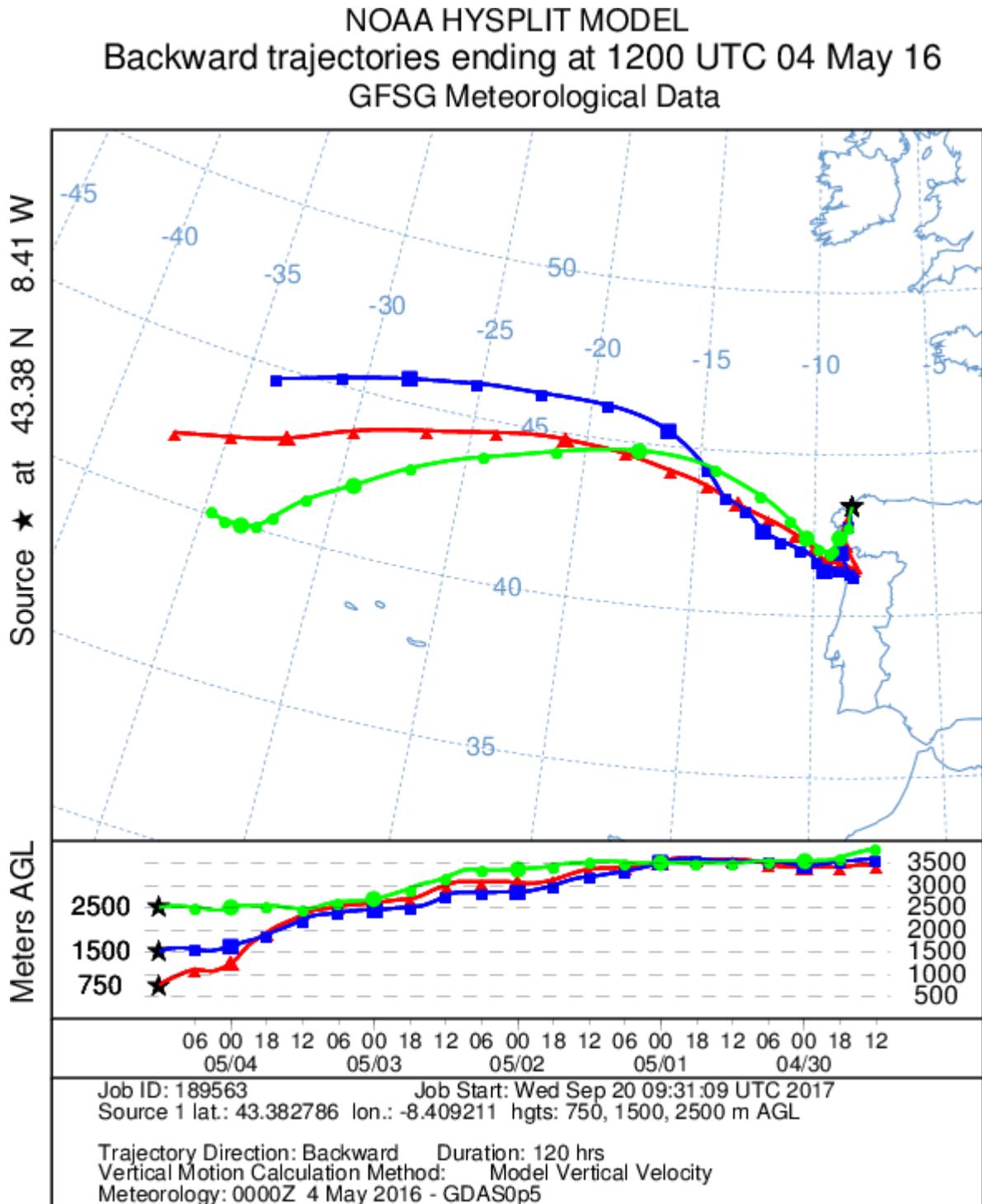
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 67 muestra concentraciones de sulfato (2-4 ug/m³) en superficie de combustión de biomasa. No se han identificado intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 67. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 04/05/2016



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 zonas limpias como el Océano Atlántico, pero que pasan por Portugal, donde se estaba produciendo un incendio forestal, antes de llegar a Galicia.



Gráfica 68. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOAA para el 04/05/2016

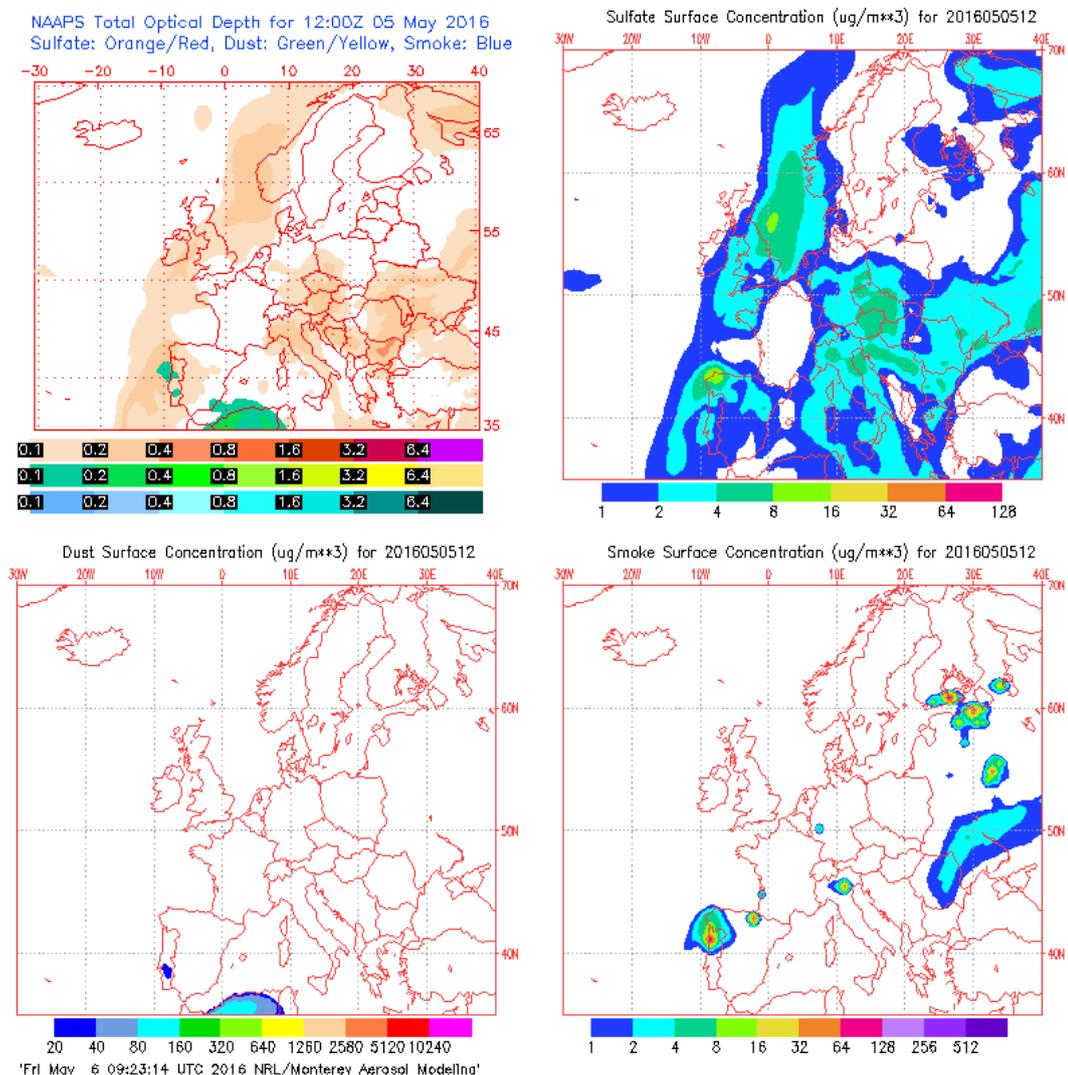


5 DE MAYO DE 2016

La media diaria de PM₁₀ fue de 60 µg/m³ medida con el analizador automático. Hubo máximas horarias de altura de las olas de 2.8 m en la boya de Estaca de Bares y 2 m en la de Punta Langosteira. La altura media de las olas fue de 2,33 m y 1,66 m, respectivamente. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 19,4 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 10.11 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 55.1%.

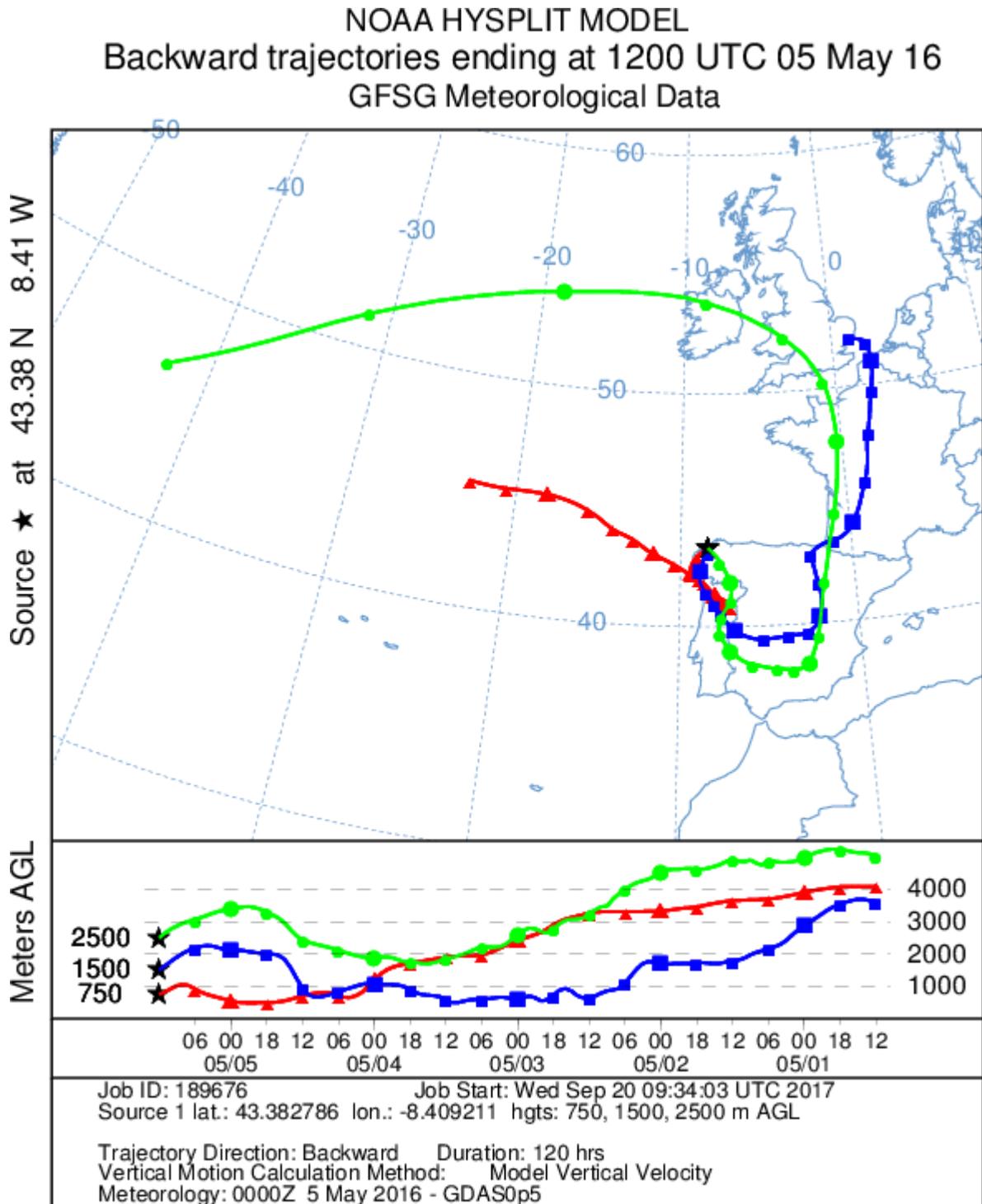
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 69 muestra concentraciones de sulfato (4-15 ug/m³) y de quema de biomasa en superficie (2-16 ug/m³), debida esta última a los incendios producidos en el norte de Portugal. También se han identificado intrusiones de polvo sahariano, pero el CIEMAT no aplica descuentos a este episodio.



Gráfica 69. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 05/05/2016



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 Océano Atlántico, y rodean la meseta española para subir por la mitad norte de Portugal.



Gráfica 70. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 05/05/2016



10 DE JULIO DE 2016

El analizador automático registró una medida diaria de PM_{10} de $67 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hubo máximas horarias de altura de las olas de 2,93 m en la boya de Estaca de Bares y 2,13 en la de Punta Langosteira. La altura media de las olas fue de 2,54 m y 1,82, respectivamente. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 30,7 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

La concentración de Na^+ en el filtro fue de $8.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, lo cual quiere decir que el porcentaje de sal marina en la composición de la fracción PM_{10} de la materia particulada fue del 40.5%. Se trata de un porcentaje bastante elevado para la altura de la ola registrada. La causa puede estar en las nieblas registradas durante la jornada, ya que entre los días 10 y 13 de julio se produjo un alejamiento de las altas presiones que permitieron la entrada de aire algo más fresco y húmedo desde el Atlántico. Esto facilitó la entrada de nieblas por la costa, la bajada general de las temperaturas en toda Galicia y la presencia de cielos parcialmente nublados durante toda la jornada, según se describe en el informe climatológico de julio de 2016 publicado por Meteogalicia en http://www.meteogalicia.gal/datosred/infoweb/clima/informes/estacions/mensuais/2016/201608_gl.pdf. Las nieblas y las nubes bajas se pueden observar en la Imagen 23 donde se muestra la imagen tomada por Aqua/Modis (Fuente: <https://worldview.earthdata.nasa.gov/>)

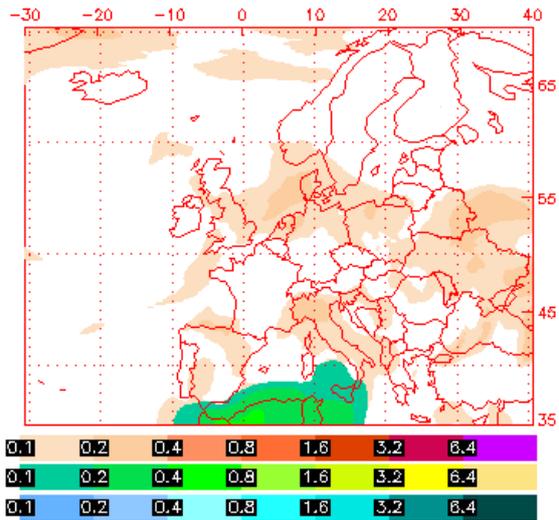


Imagen 23. Imagen tomada por Aqua/Modis (Fuente: <https://worldview.earthdata.nasa.gov/>)

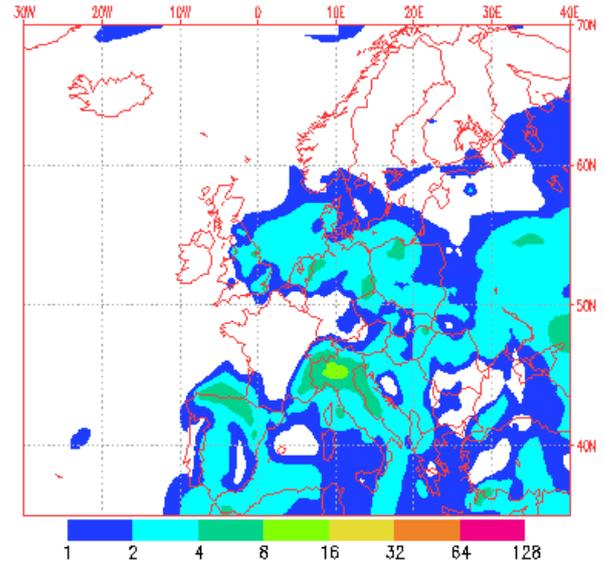


El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 71 muestra que existen **bajas concentraciones de sulfato en superficie**. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.

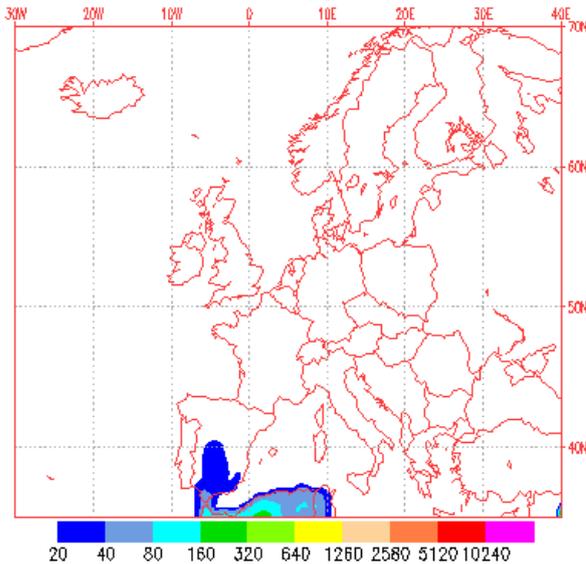
NAAPS Total Optical Depth for 12:00Z 10 Jul 2016
 Sulfate: Orange/Red, Dust: Green/Yellow, Smoke: Blue



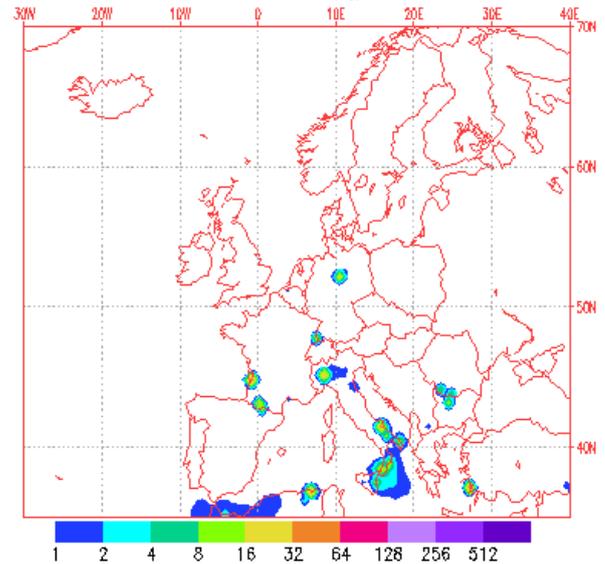
Sulfate Surface Concentration (ug/m**3) for 2016071012



Dust Surface Concentration (ug/m**3) for 2016071012



Smoke Surface Concentration (ug/m**3) for 2016071012



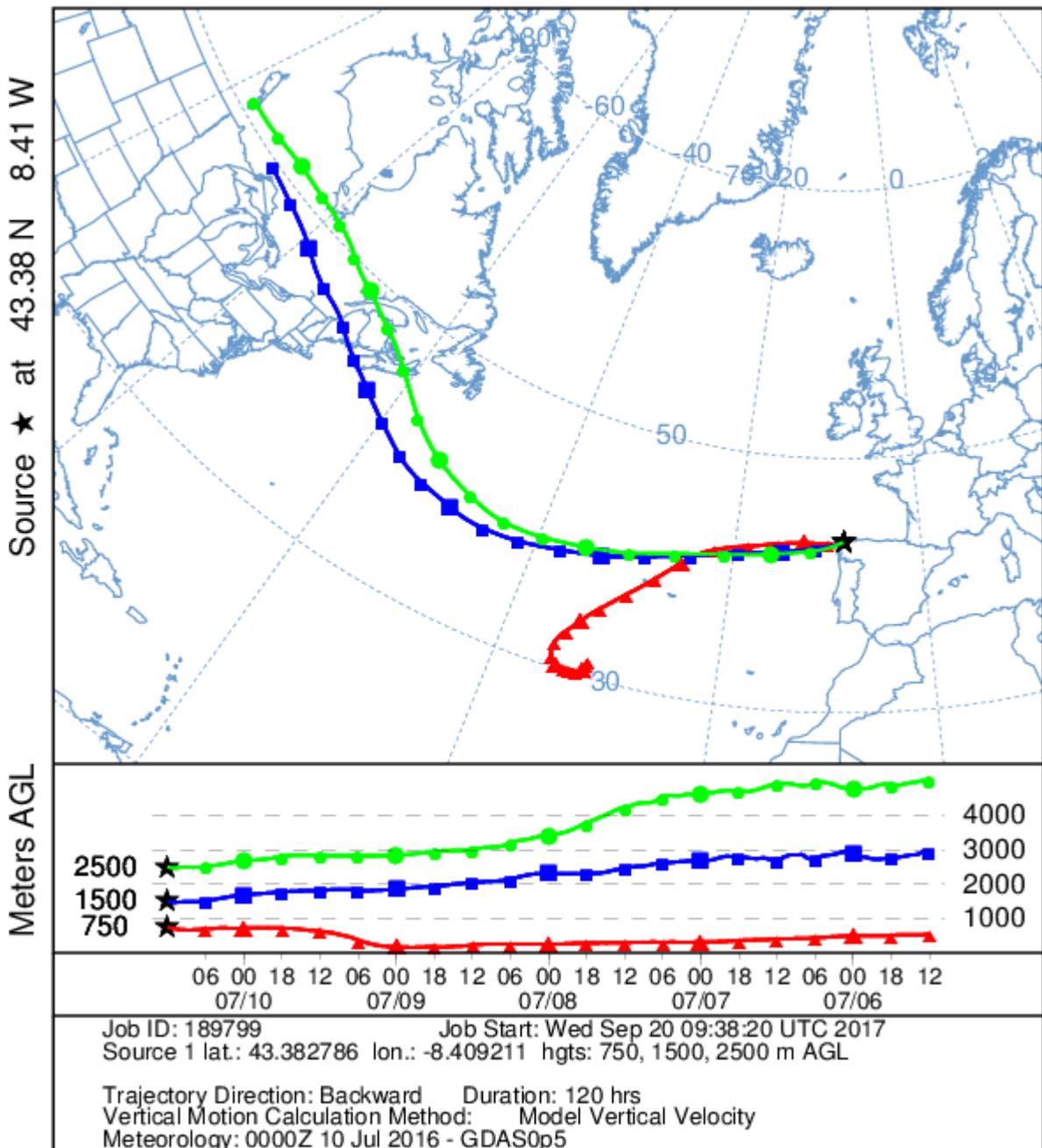
'Made Mon Jul 11 04:55:51 UTC 2016 NRL/Monterey Aerosol ModelIna'

Gráfica 71. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 10/07/2016



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 desde zonas limpias como el Océano Atlántico.

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1200 UTC 10 Jul 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 72. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOAA para el 10/07/2016

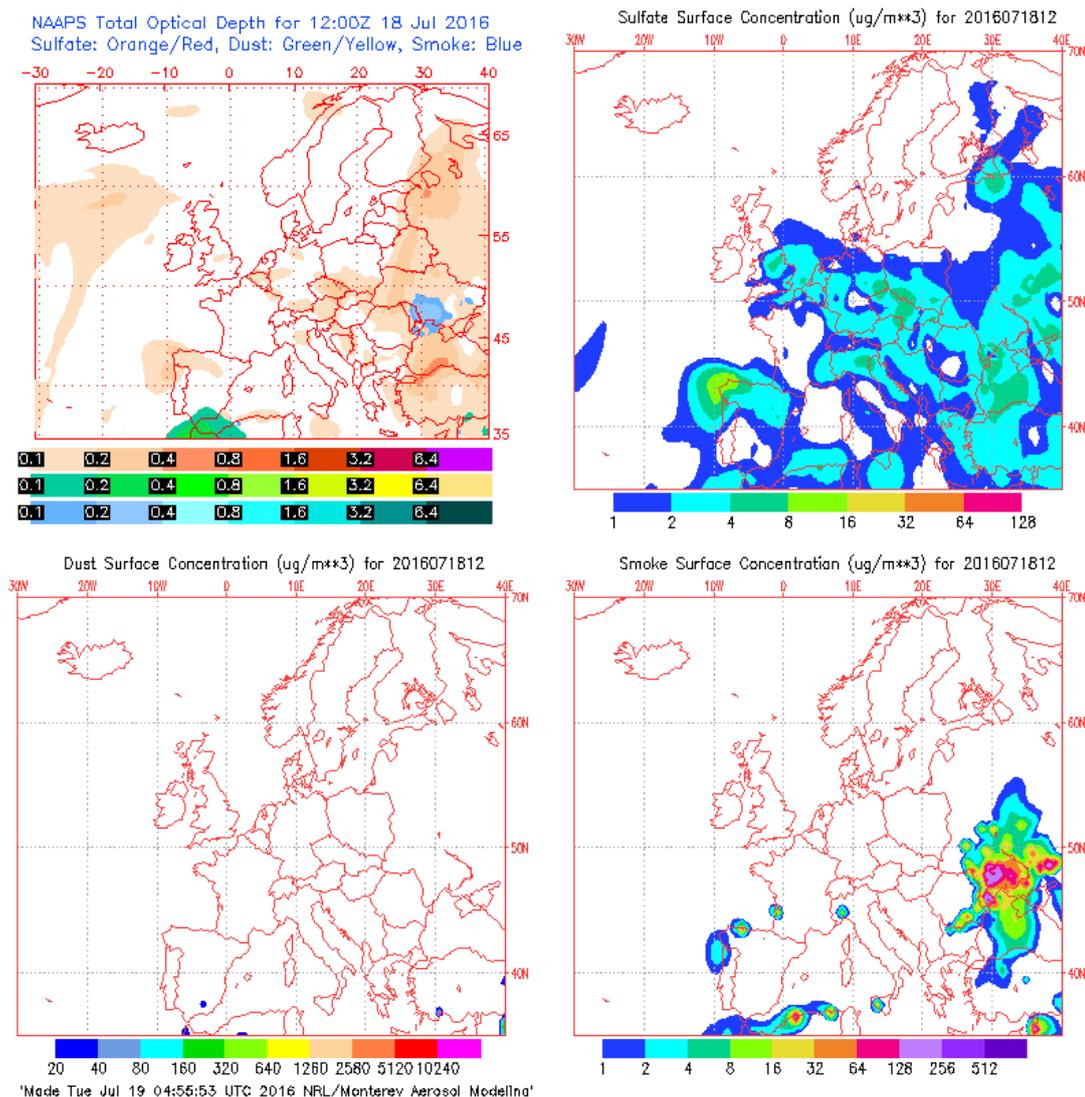


18 DE JULIO DE 2016

La concentración medida diaria de PM₁₀ fue de 52 µg/m³ medida con el analizador automático. Hubo máximas horarias de altura de las olas de 1,64 m en la boya de Estaca de Bares y 1,53 m en la de Punta Langosteira. La altura media de las olas fue de 1,3 en ambas. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 27,8 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 6.61 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 41.6%.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 73 muestra que existen concentraciones de sulfatos en superficie (entre 6 y 16 ug/m³). También se han producido episodios de quema de biomasa e intrusiones de polvo sahariano, aunque el CIEMAT no proporciona descuentos aplicables a esta jornada por esta causa.

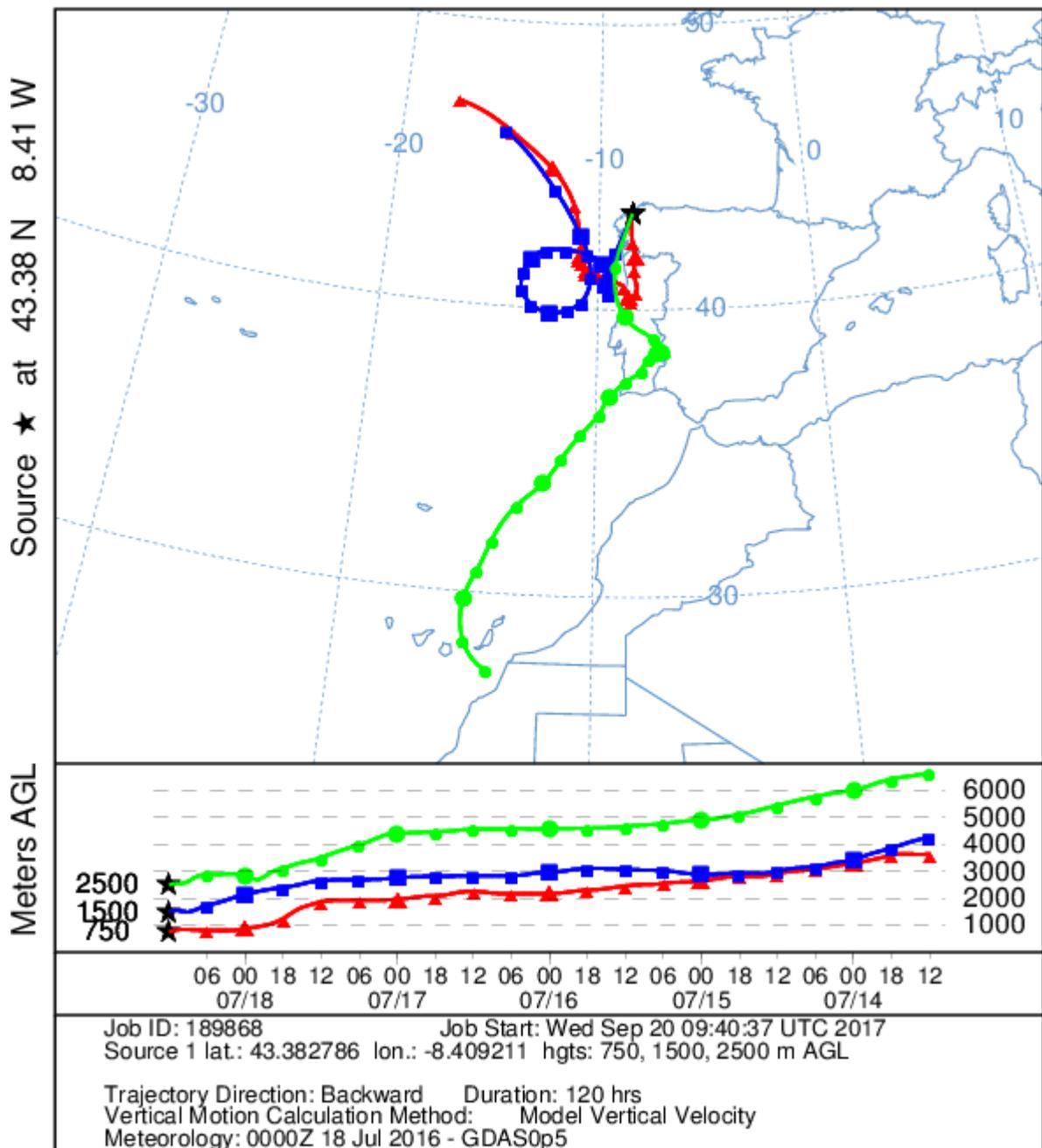


Gráfica 73. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 18/07/2016



El análisis de las retrotrayectorias presentadas en la Gráfica 74 muestra que las masas de aire proceden del transporte a largas distancias desde el norte de África (2500 m) y desde zonas limpias del Océano Atlántico (750 y 1500 m) que terminan por converger en la mitad norte de Portugal.

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1200 UTC 18 Jul 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 74. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOAA para el 18/07/2016

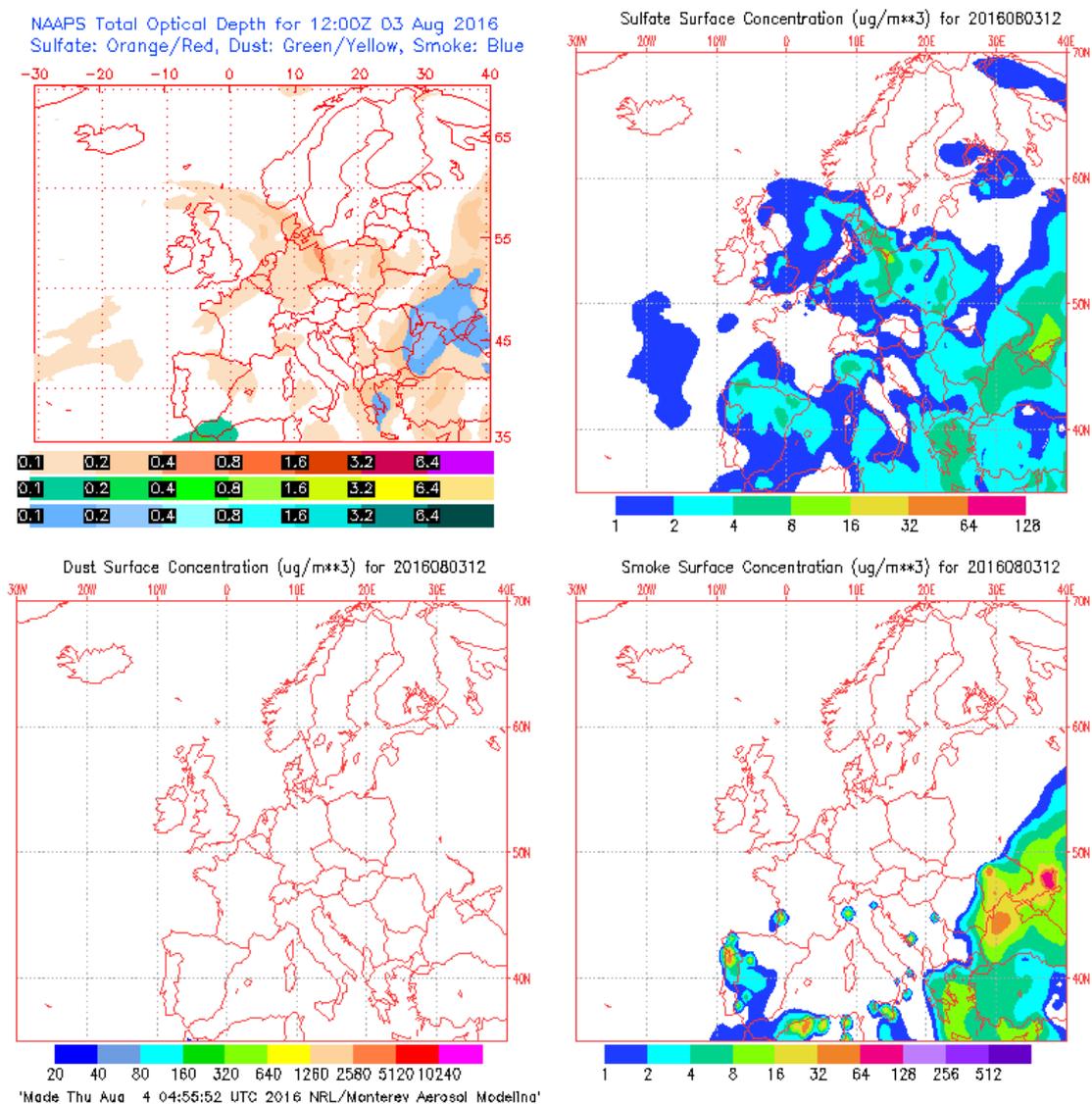


3 DE AGOSTO DE 2016

La concentración de PM₁₀ medida con el analizador automático fue de 56 µg/m³. Hubo máximas horarias de altura de las olas de 2,34 m en la boya de Estaca de Bares y 2,17 m en la de Punta Langosteira. La altura media de las olas fue de 2,03 y 1,73 m, respectivamente. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 28,6 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 12.46 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 40.7%.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 75 muestra bajas concentraciones de sulfato en superficie (1-4 µg/m³). También se observa un notable aporte de quema de biomasa producido por incendios en el sur de Galicia y el norte de Portugal. No se han producido intrusiones de polvo sahariano.

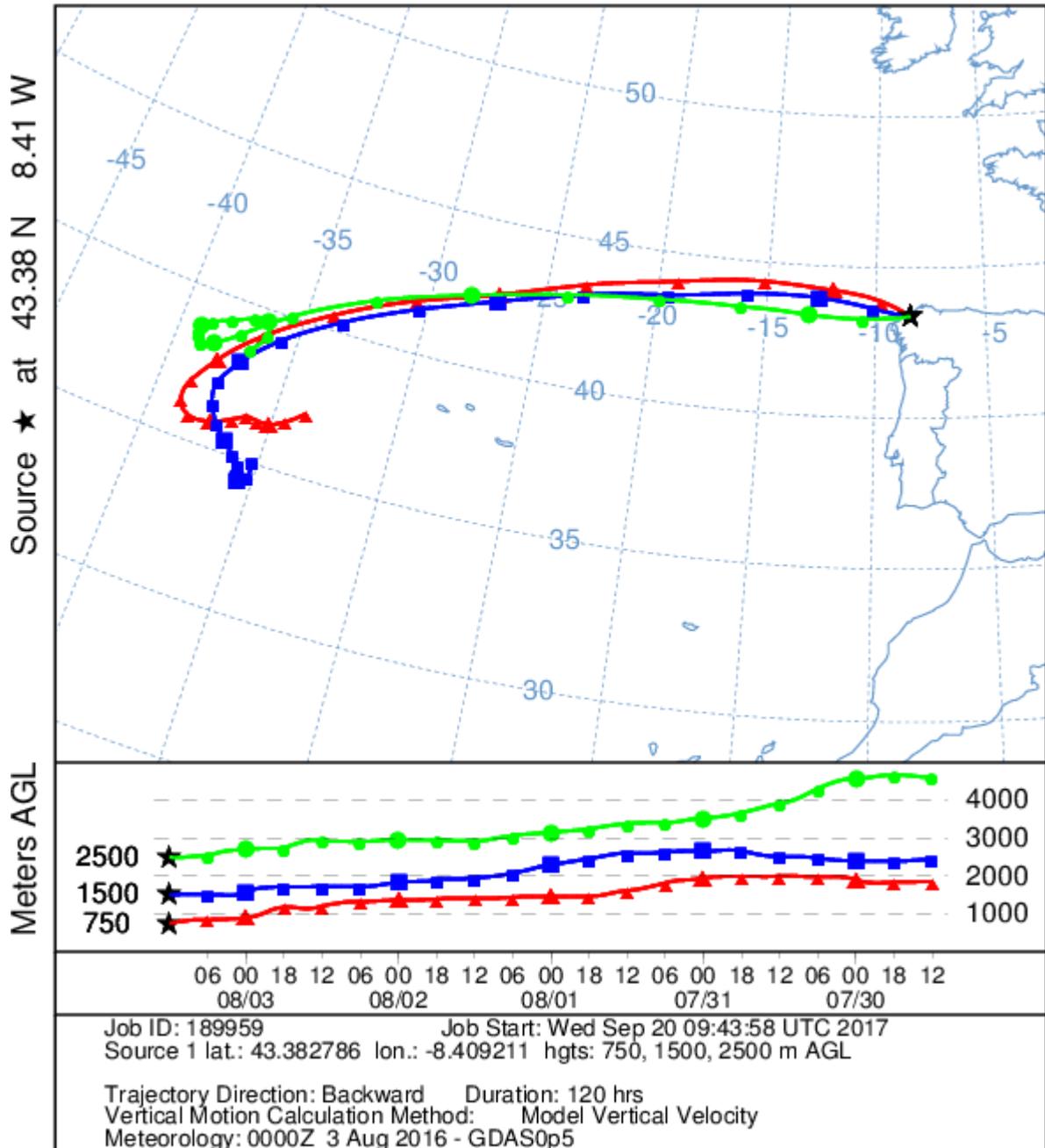


Gráfica 75. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 03/08/2016.



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 zonas limpias como el Océano Atlántico.

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1200 UTC 03 Aug 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 76. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOAA para el 03/08/2016

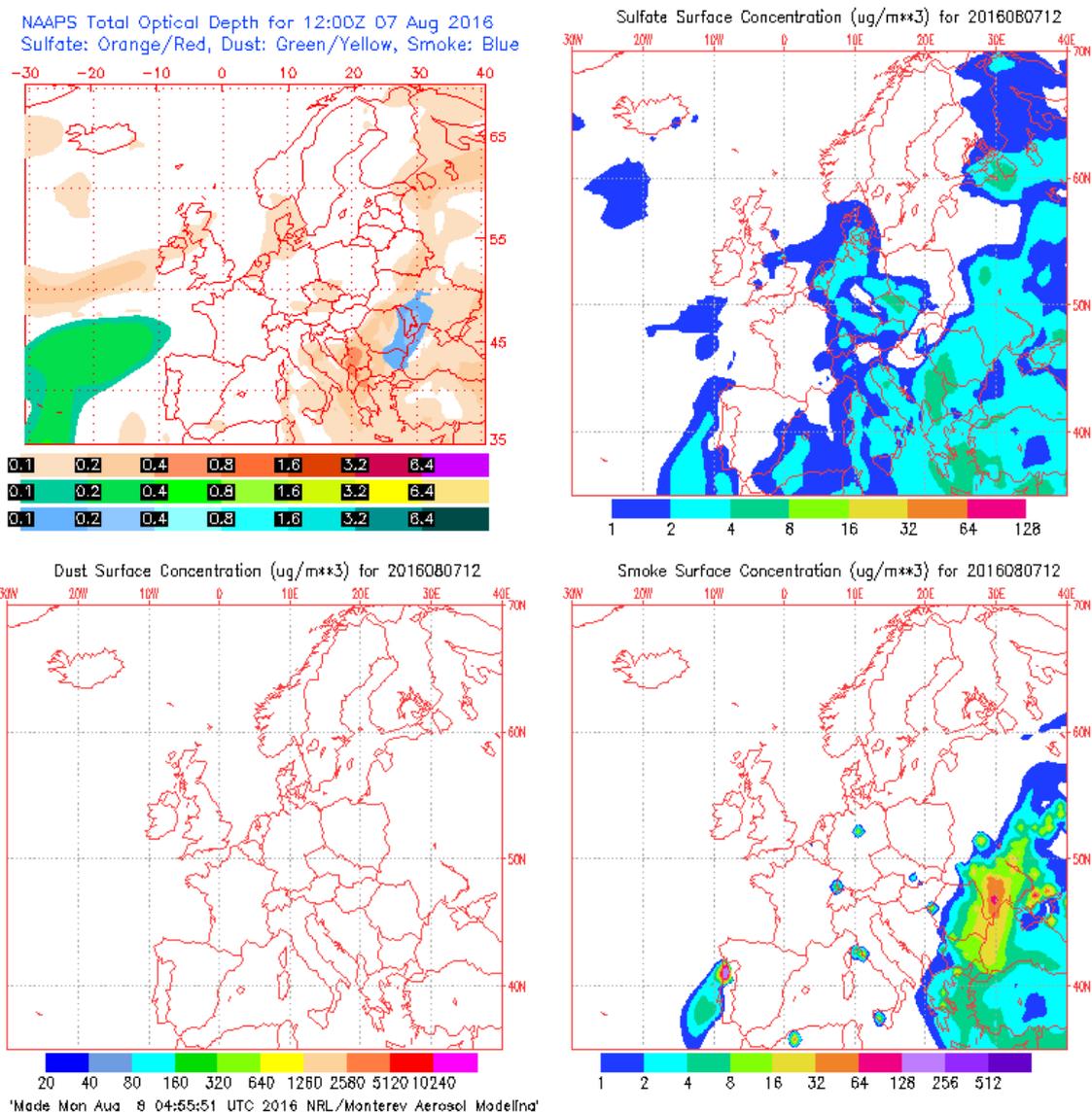


7 DE AGOSTO DE 2016

El analizador automático registró una concentración media diaria de PM₁₀ de 57 µg/m³. Hubo máximas horarias de altura de las olas de 2,81 m en la boya de Estaca de Bares y 2,09 m en la de Punta Langosteira. La altura media de las olas fue de 1,80 y 1,31 m, respectivamente. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 46,7, lo cual se corresponde con un viento fuerte.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 5.59 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 32.1%.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 77 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.

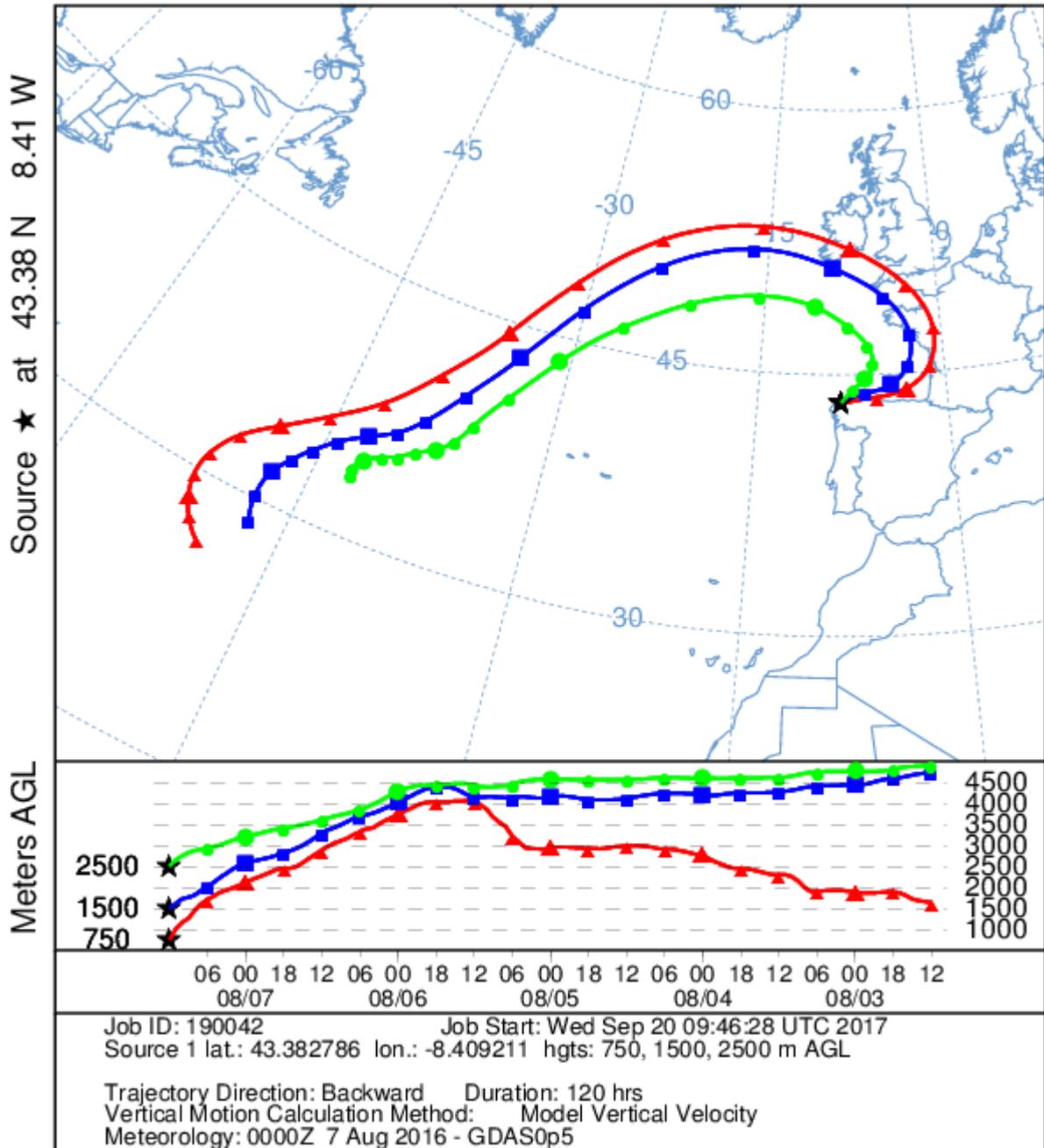


Gráfica 77. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 07/08/2016



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 zonas limpias como el Océano Atlántico.

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1200 UTC 07 Aug 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 78. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aier proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 07/08/2016

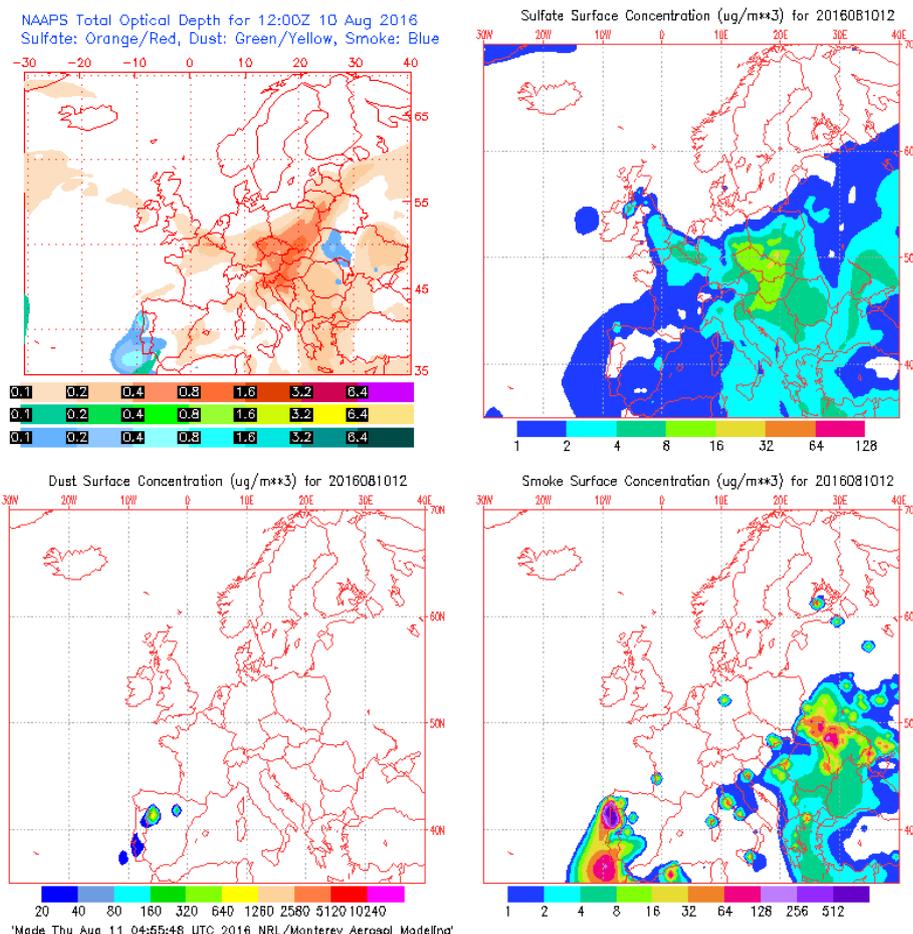


10 DE AGOSTO DE 2016

La concentración media diaria de PM₁₀ fue de 107 µg/m³ medida con el analizador automático. Hubo máximas horarias de altura de las olas de 2,46 m en la boya de Estaca de Bares y 2,25 m en la de Punta Langosteira. La altura media de las olas fue de 2,14 y 1,98 m, respectivamente. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 62,9 km/h, lo cual se corresponde con un viento muy fuerte.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 5.77 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 17.63%. Se trata de un porcentaje muy bajo para lo que solemos medir en esta estación. Esta es una de las pocas ocasiones en las que después de aplicar el descuento correspondiente a la sal marina sigue habiendo superación del VLD, ya que queda en 88 µg/m³.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 79 muestra **bajas concentraciones de sulfato** en superficie y que no se han identificado intrusiones de polvo sahariano, pero llama especialmente la atención el **importante aporte de quema de biomasa** sobre Portugal y Galicia debido a los incendios. Entre los días 10 y 11 de agosto se registraron más de 80 incendios activos en todo Portugal, seis de ellos de grandes proporciones y tres preocupantes (<http://www.20minutos.es/noticia/2813968/0/tres-muertos-heridos-incendio-madeira/>). Esto justifica que tras aplicar el descuento correspondiente al aerosol marino (18.87 µg/m³) continúe existiendo superación del VLD, ya que existe un importante aporte de la quema de biomasa.



Gráfica 79. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 10/08/2016



En la Imagen 24 podemos observar los penachos de humo de los incendios de Portugal.

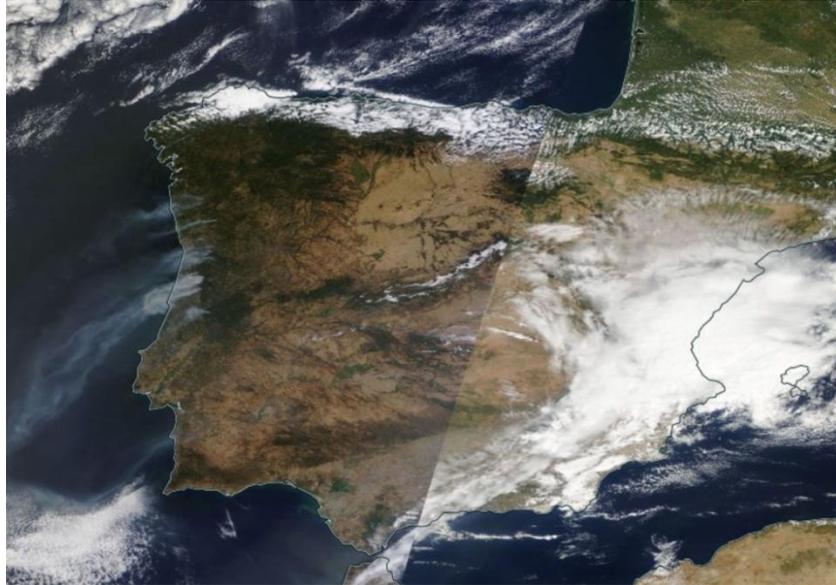
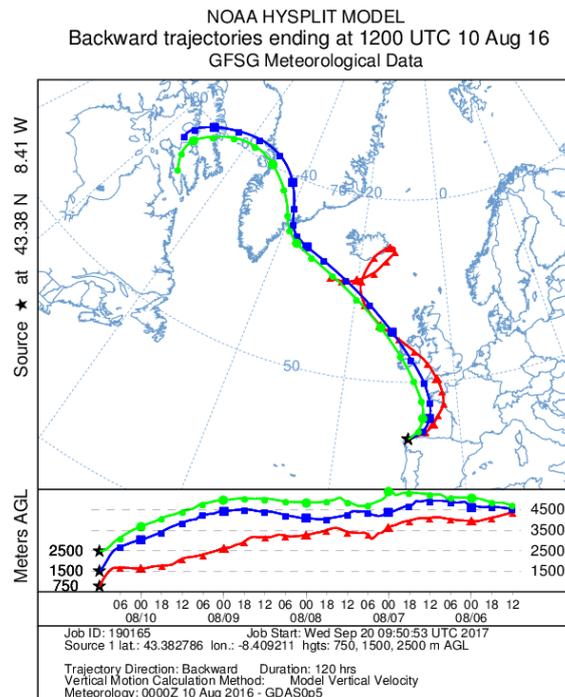


Imagen 24. Imagen tomada por Aqua/Modis el 10/08/2017 (Fuente: <https://worldview.earthdata.nasa.gov/>)

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 aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 10/08/2016

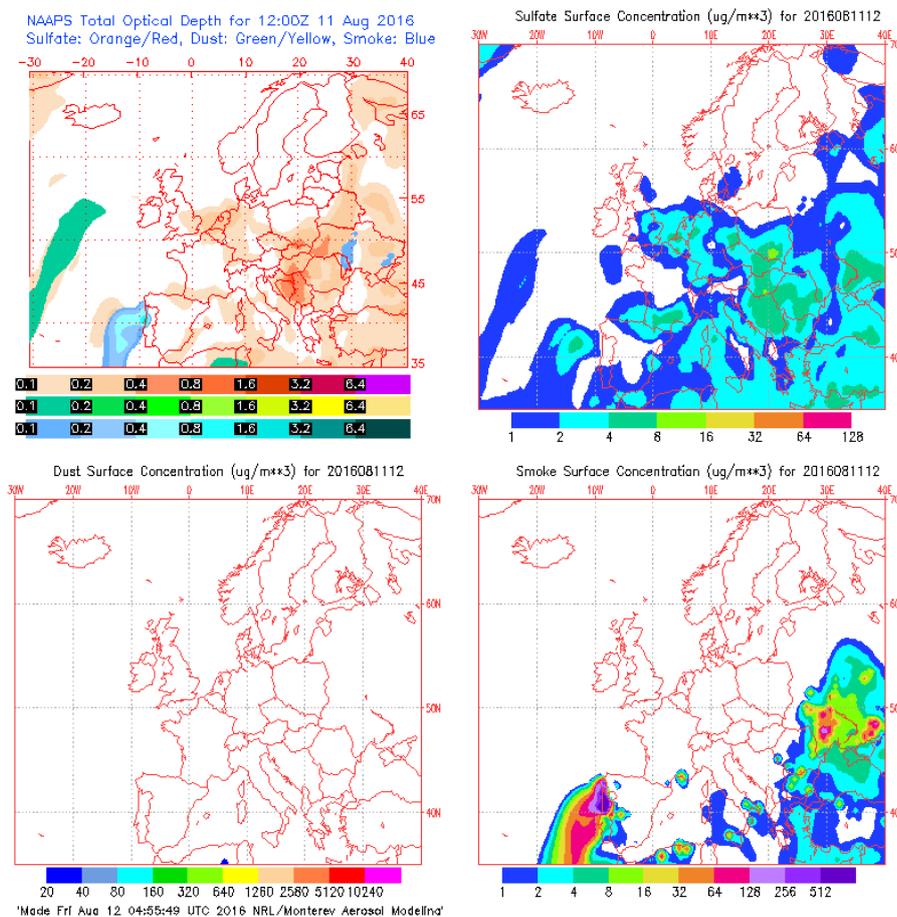


11 DE AGOSTO DE 2016

La media diaria de PM₁₀ fue de 75 µg/m³ obtenida con el analizador automático. Hubo máximas horarias de altura de las olas de 2,11 m en la boya de Estaca de Bares y 1,65 m en la de Punta Langosteira. La altura media de las olas fue de 1,71 y 1,39 m, respectivamente. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 51.5 km/h, lo cual se corresponde con un viento fuerte.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 2.84 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 12.4%. Se trata de un porcentaje muy bajo para lo que solemos medir en esta estación. Esta es una de las pocas ocasiones en las que después de aplicar el descuento correspondiente a la sal marina sigue habiendo superación del VLD, ya que queda en 66 µg/m³.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 81 muestra **bajas concentraciones de sulfato** en superficie y que no se han identificado intrusiones de polvo sahariano, pero llama especialmente la atención el **importante aporte de quema de biomasa** sobre Portugal y Galicia debido a los incendios. Entre los días 10 y 11 de agosto se registraron más de 80 incendios activos en todo el país, seis de ellos de grandes proporciones y tres preocupantes (<http://www.20minutos.es/noticia/2813968/0/tres-muertos-heridos-incendio-madeira/>) Esto justifica que tras aplicar el descuento correspondiente al aerosol marino (18.87 µg/m³) continúe existiendo superación del VLD, ya que existe un importante aporte de la quema de biomasa.



Gráfica 81. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 11/08/2016

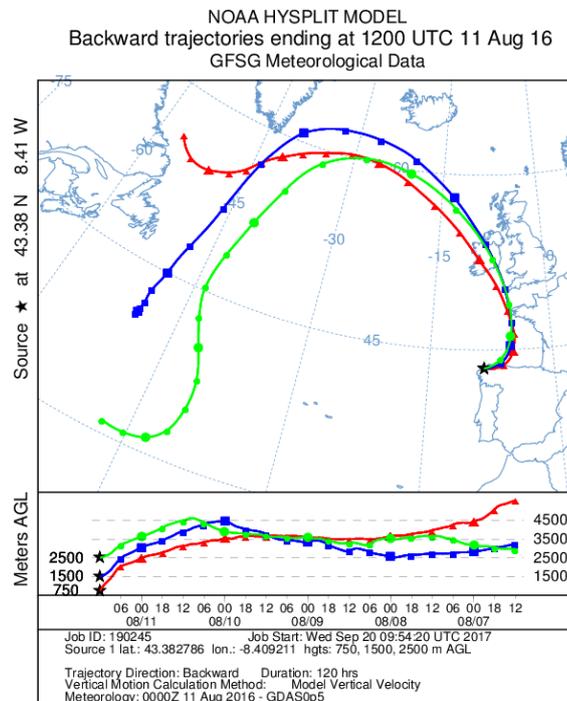


En la Imagen 25 podemos observar los penachos de humo de los incendios de Portugal.



Imagen 25. Imagen tomada por Aqua/Modis el 11/08/2017 (Fuente: <https://worldview.earthdata.nasa.gov/>)

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 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 11/08/2016

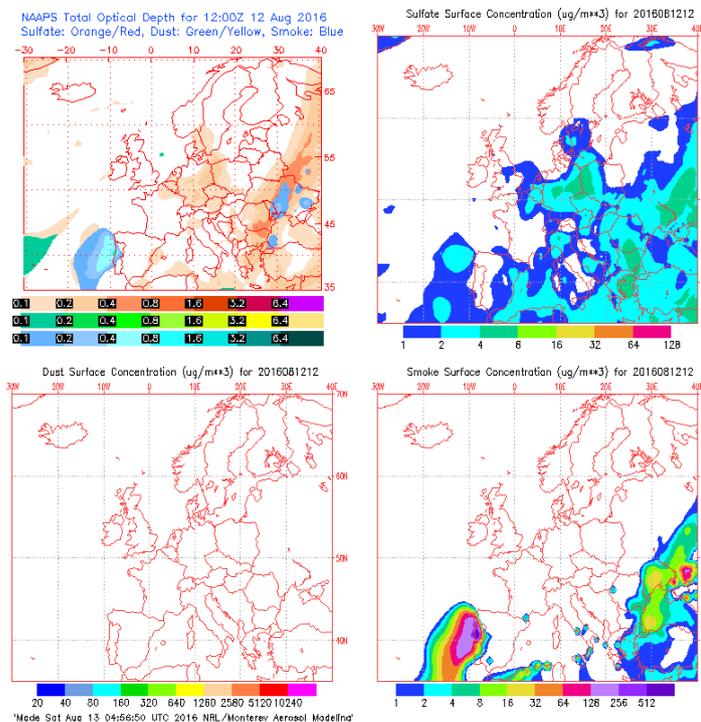


12 DE AGOSTO DE 2016

El analizador automático obtuvo una concentración media diaria de PM₁₀ de 75 µg/m³. Hubo máximas horarias de altura de las olas de 1,99 m en la boya de Estaca de Bares y 1,06 m en la de Punta Langosteira. La altura media de las olas fue de 1,55 y 0.85 m, respectivamente. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 18,5 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 2.88 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 12.5%. Se trata de un porcentaje muy bajo para lo que solemos medir en esta estación. Si aplicamos el descuento correspondiente a la sal marina, queda en 66 µg/m³, por lo que sigue existiendo superación del VLD.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 83 muestra que apenas existe sulfato en superficie, sin embargo se aprecia un importante aporte de quema de biomasa por los incendios de Galicia y Portugal.



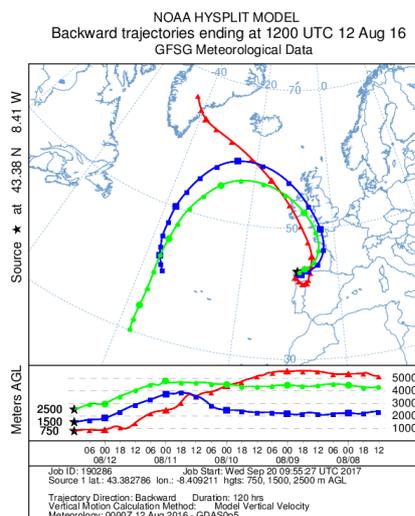
Gráfica 83. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 12/08/2016

Aunque en el mapa de aerosoles no se han identificado intrusiones de polvo sahariano en la hora consultada, para esta fecha el CIEMAT identifica un aporte de polvo sahariano cuantificado en 51 µg/m³, los cuales también hay que restar a la concentración de PM₁₀, por lo tanto, con 15 µg/m³ ya no hay superación del VLD. Podemos observar la intrusión de masa de polvo sahariano en la Imagen 26.



Imagen 26. Imagen tomada por Aqua/Modis el 12/08/2017 (Fuente: <https://worldview.earthdata.nasa.gov/>)

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 zonas limpias como el Océano Atlántico pero entre en Galicia por el sur, arrastrando el aporte de los incendios.



Gráfica 84. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 12/08/2016

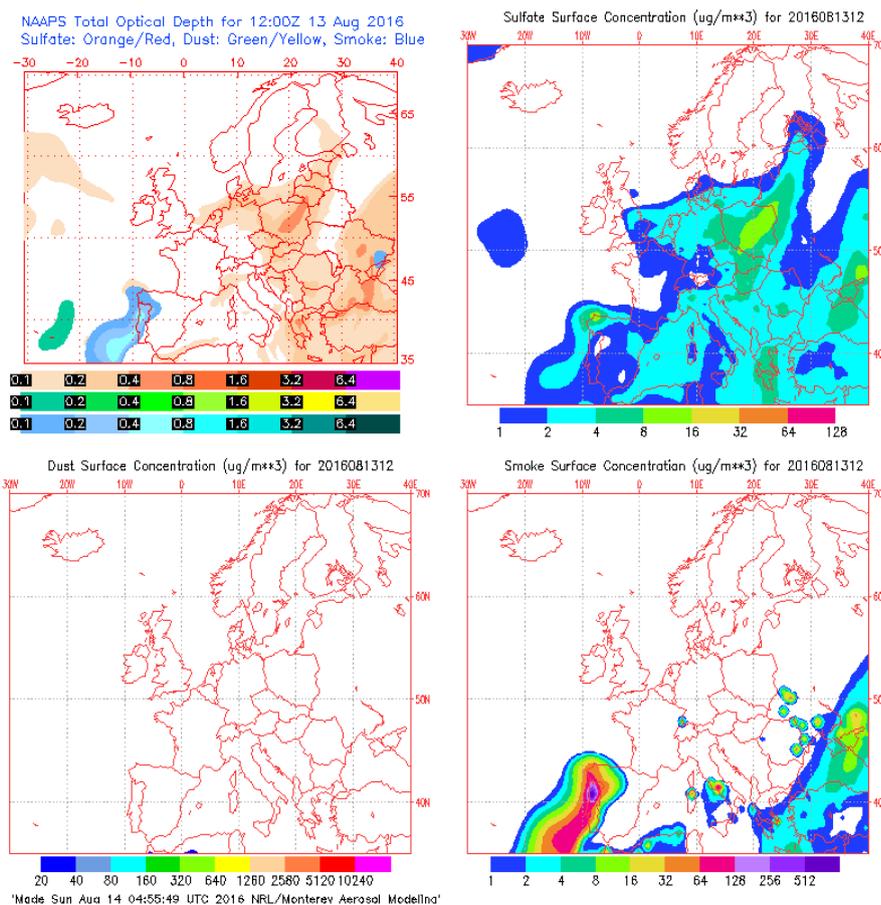


13 DE AGOSTO DE 2016

La concentración de PM_{10} fue de $59 \mu g/m^3$ obtenida con el analizador automático. Hubo máximas horarias de altura de las olas de 1,29 m en la boya de Estaca de Bares y 0,67 m en la de Punta Langosteira. La altura media de las olas fue de 0.95 y 0.67 m, respectivamente. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 20,6 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

La concentración de Na^+ en el filtro fue de $1.34 \mu g/m^3$, lo cual quiere decir que el porcentaje de sal marina en la composición de la fracción PM_{10} de la materia particulada fue del 7.3%. Se trata de un porcentaje muy bajo para lo que solemos medir en esta estación. Si aplicamos el descuento correspondiente a la sal marina, queda en $55 \mu g/m^3$, por lo que sigue existiendo superación del VLD.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 85 muestra concentraciones de sulfato en superficie de entre 1 y $16 \mu g/m^3$, y se observa el importante aporte de quema de biomasa de los incendios de Galicia y Portugal. Se identifica también la entrada de masas de polvo sahariano.



Gráfica 87. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 13/08/2016

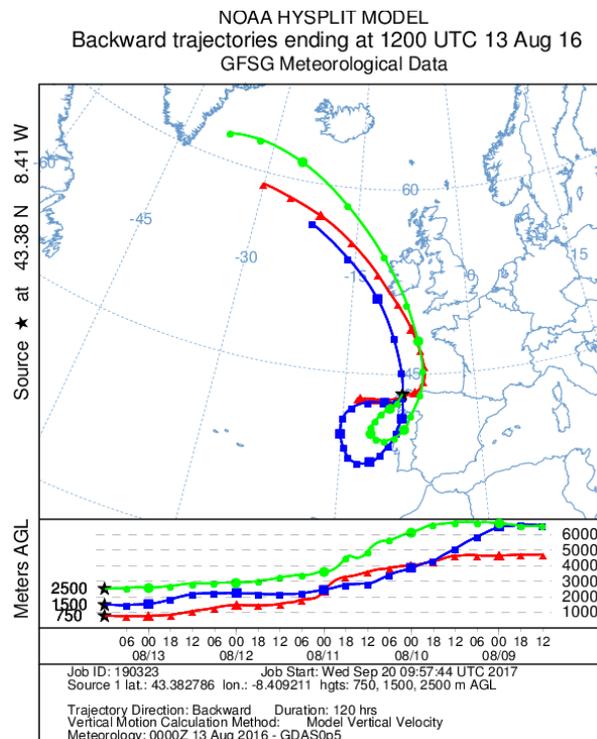


Para esta fecha el CIEMAT identifica un aporte de polvo sahariano cuantificado en $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$, los cuales también hay que restar a la concentración de PM_{10} , por lo tanto, con $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ya no hay superación del VLD. Podemos observar la intrusión de masa de polvo sahariano en la Imagen 27.



Imagen 27. Imagen tomada por Aqua/Modis el 13/08/2017 (Fuente: <https://worldview.earthdata.nasa.gov/>)

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 zonas limpias como el Océano Atlántico y convergen al norte de Lisboa para ascender hasta Galicia, arrastrando al aporte de quema de biomasa de los incendios de Galicia y Portugal.



Gráfica 86. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 13/08/2016

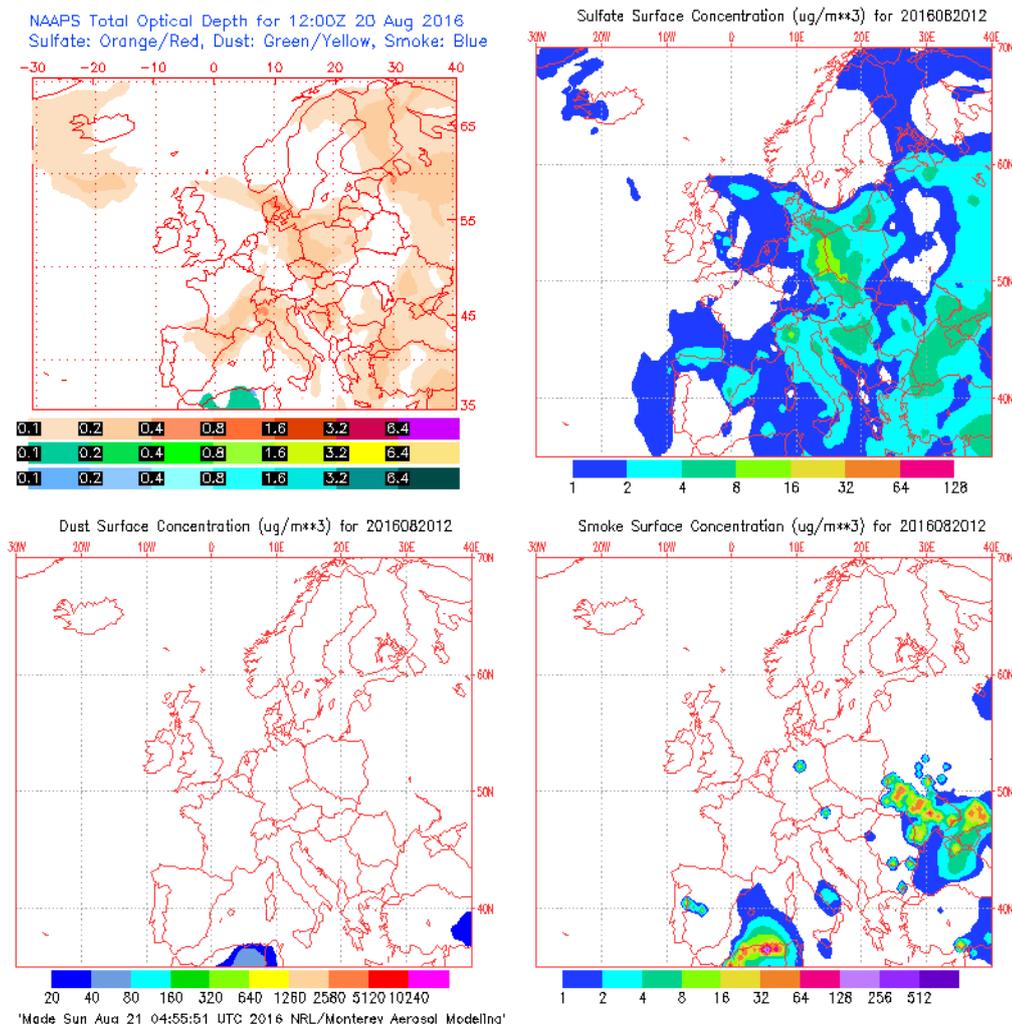


20 DE AGOSTO DE 2016

La concentración de PM₁₀ obtenida con fue el analizador automático 136 µg/m³. Se registraron máximas horarias de altura de las olas de 3.87 m en Estaca de Bares y 4,06 en Punta Langosteira. Estos valores no llegan al umbral de aviso nivel amarillo. La altura media de las olas fue de 3,25 y 3,39 m. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 24,8 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 20.06 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 48.2%. Si aplicamos el descuento correspondiente a la sal marina, queda en 70 µg/m³, por lo que sigue existiendo superación del VLD.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 87 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.

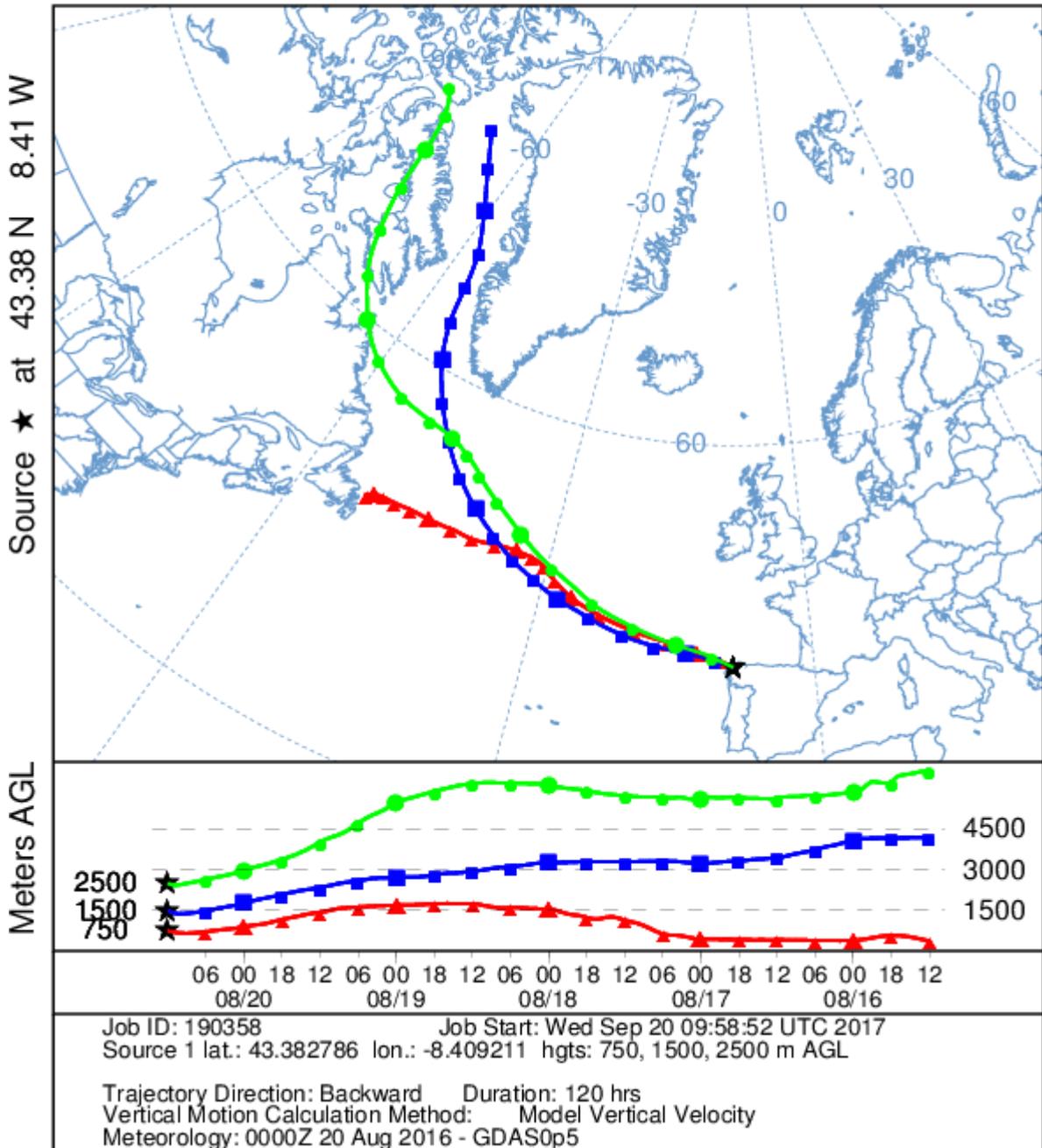


Gráfica 87. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 20/08/2016.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 88 muestra que las masas de aire proceden del norte del continente americano. En este episodio no se han identificado las causas de la superación del VLD.

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1200 UTC 20 Aug 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 88. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOAA para el 20/08/2016

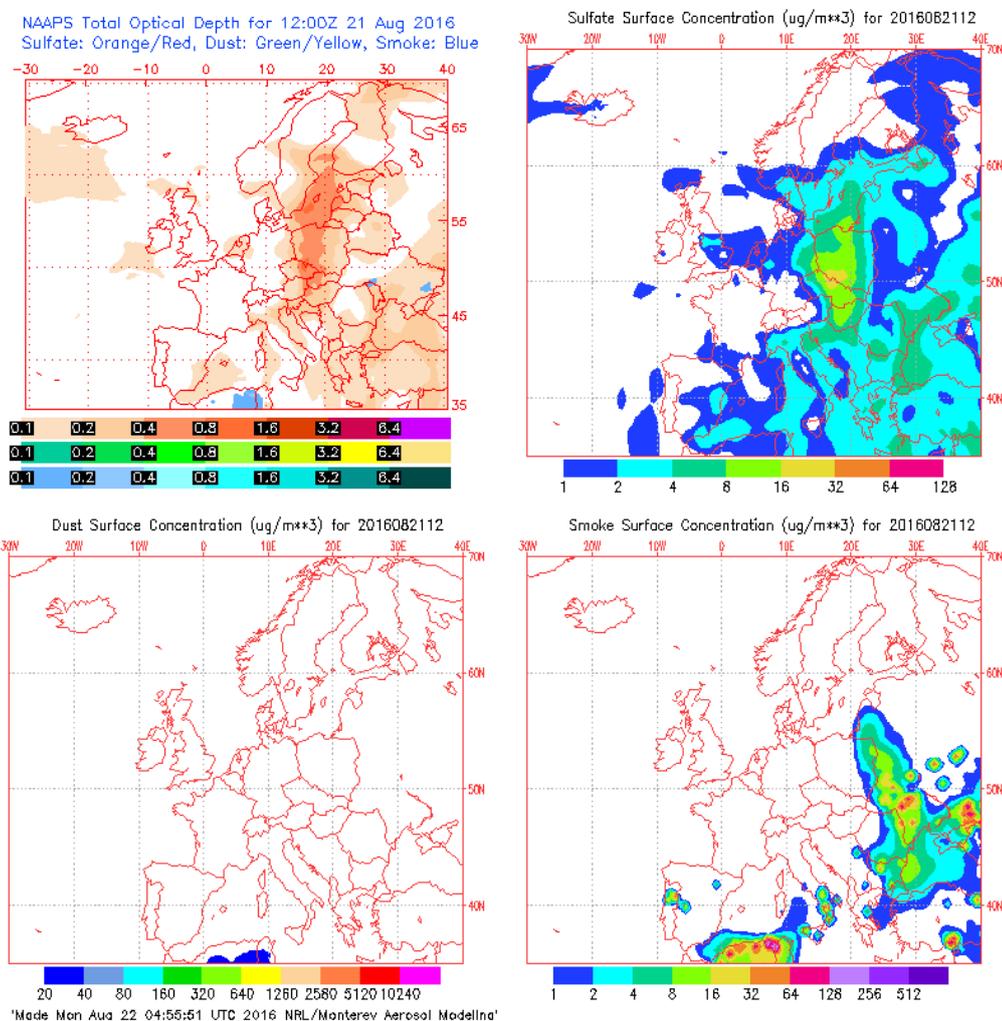


21 DE AGOSTO DE 2016

El analizador automático obtuvo una concentración media diaria de PM₁₀ de 83 µg/m³. Hubo máximas horarias de altura de las olas de 3.46 m y 3.16 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 2.55 y 2.42 m, respectivamente. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 30.6 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 12.59 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 49.6%.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 89 muestra que no se han identificado episodios de sulfato en superficie, de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.

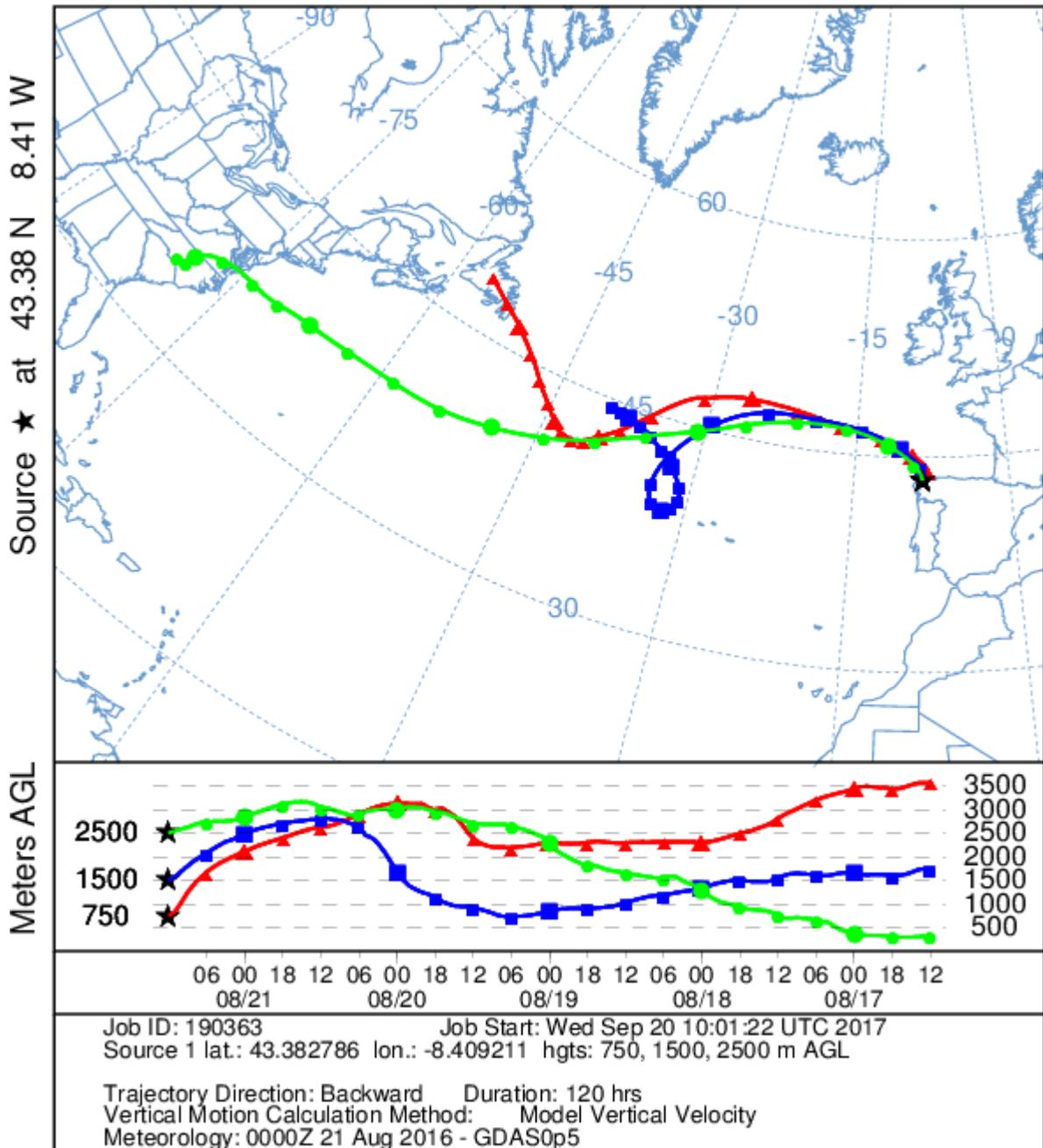


Gráfica 89. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 21/08/2016



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 90 muestra que las masas de aire proceden de zonas limpias como el Océano Atlántico.

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1200 UTC 21 Aug 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 90. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOAA para el 21/08/2016

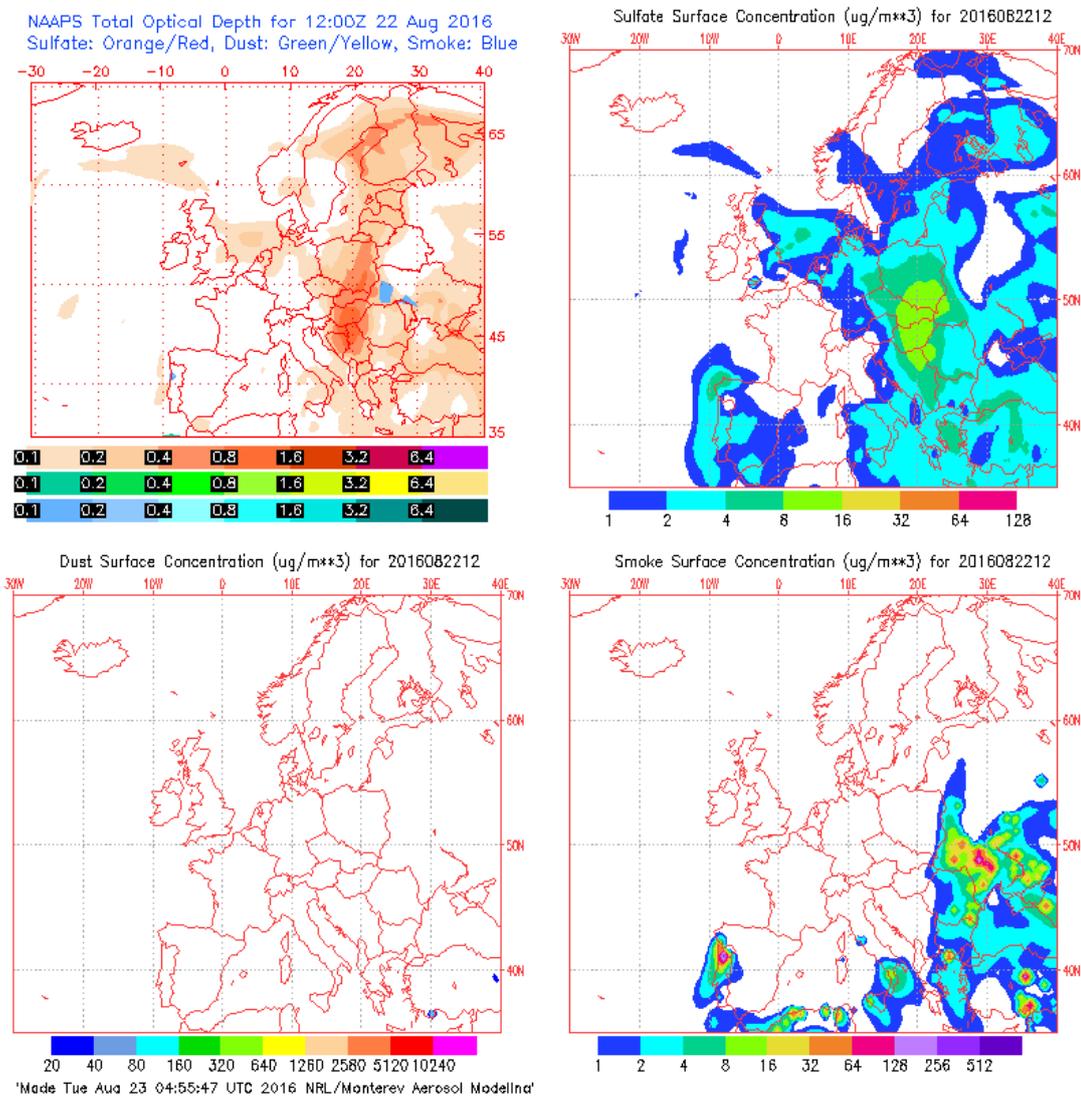


22 DE AGOSTO DE 2016

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 1.83 m y 1.88 m en las boyas de Punta Langosteira y Estaca de Bares. La altura media de las olas fue de 1.24 y 1.74 m, respectivamente. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 27 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 6.71 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 39.9%.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 91 muestra bajas concentraciones de sulfato en superficie, entre 1-8 µg/m³ pero se han identificado importantes episodios de quema de biomasa provocada por incendios forestales. No se identificaron intrusiones de polvo sahariano.

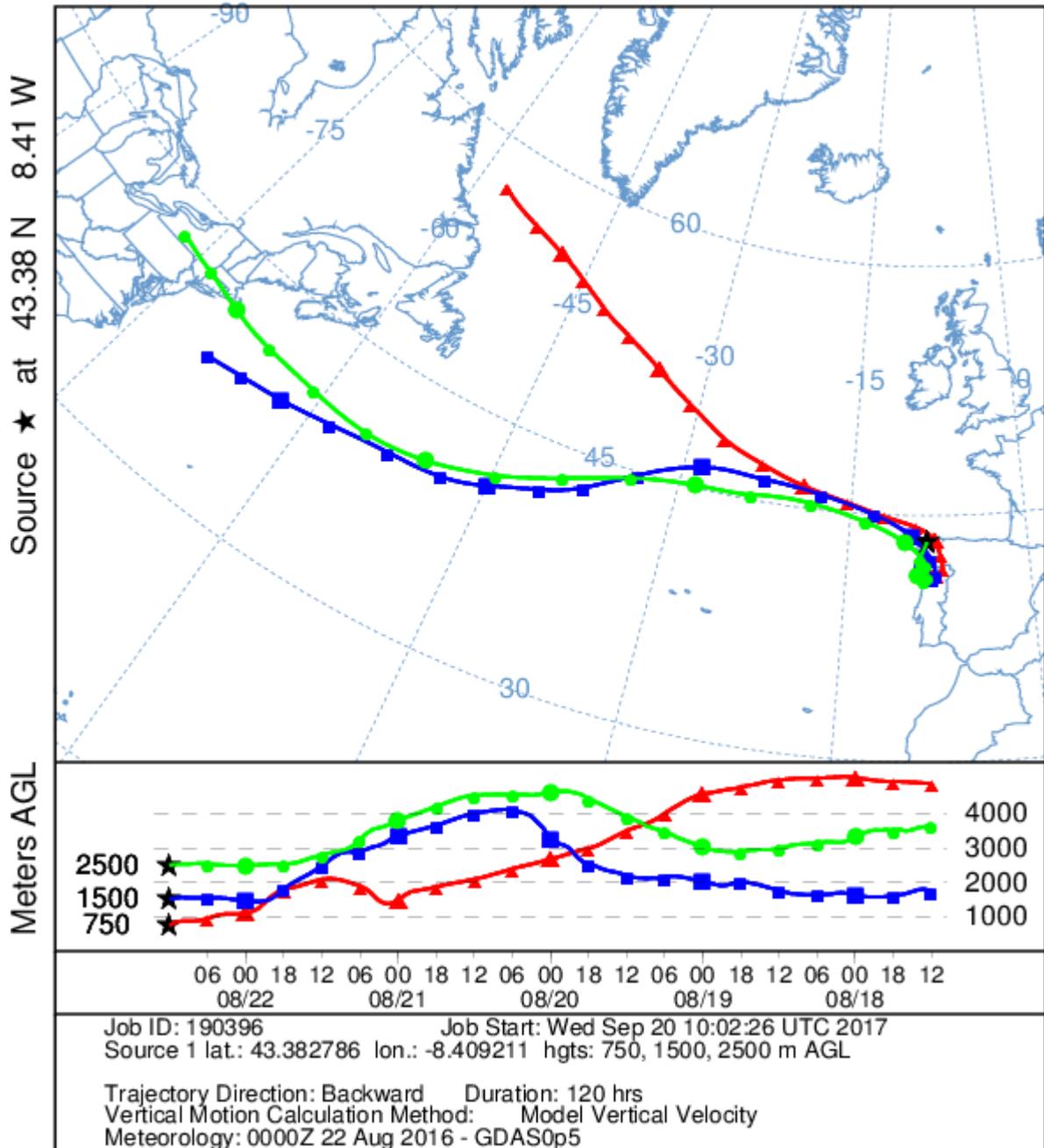


Gráfica 91. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 22/08/2016.



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 92 muestra que las masas de aire proceden del noreste del continente americano.

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1200 UTC 22 Aug 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 92. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOAA para el 22/08/2016

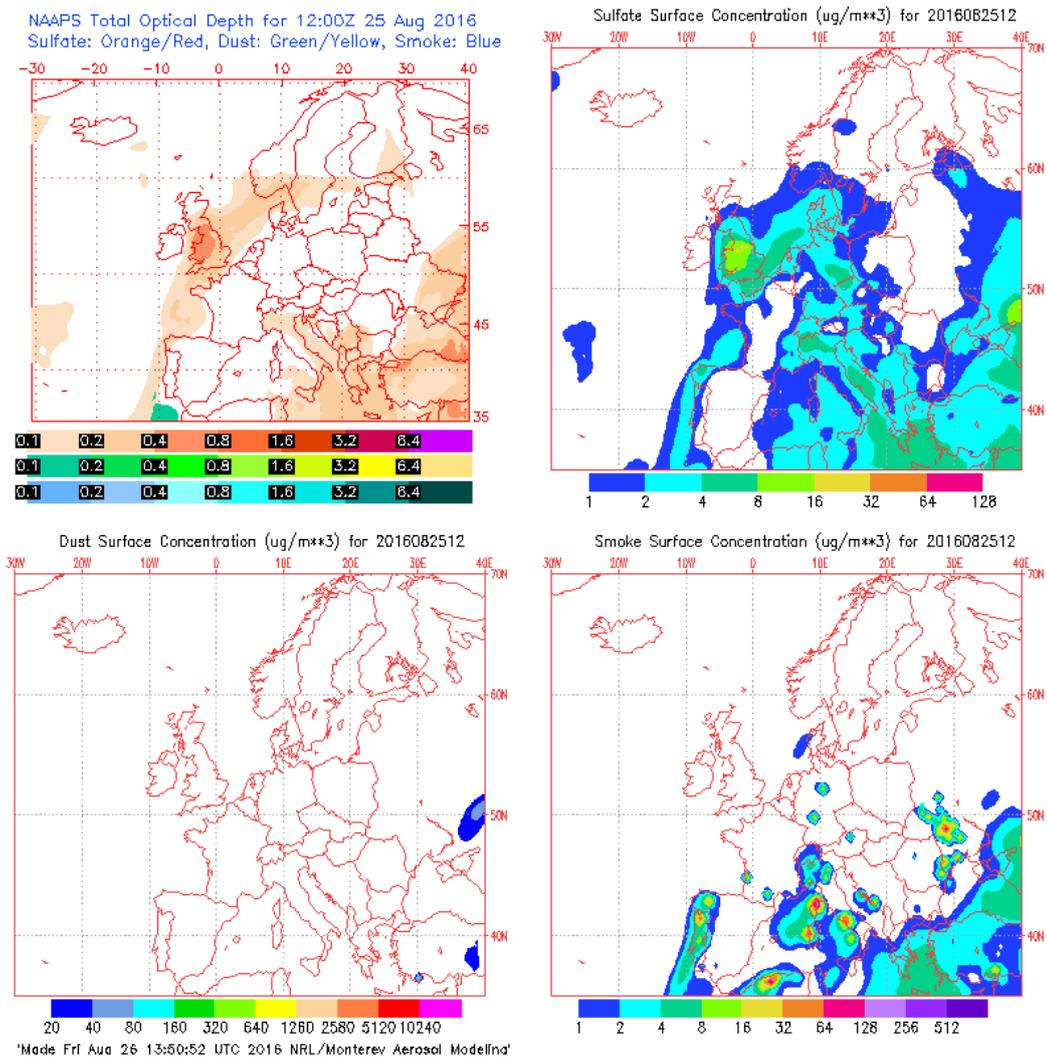


25 DE AGOSTO DE 2016

La concentración media diaria de PM₁₀, obtenida con el analizador automático, fue de 52 µg/m³. Se registraron máximas horarias de altura de las olas de 2.10 y 2.11 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 1.70 y 1.66 m. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 24.6 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 5.24 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 33.0%.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 93 muestra concentraciones bajas 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.

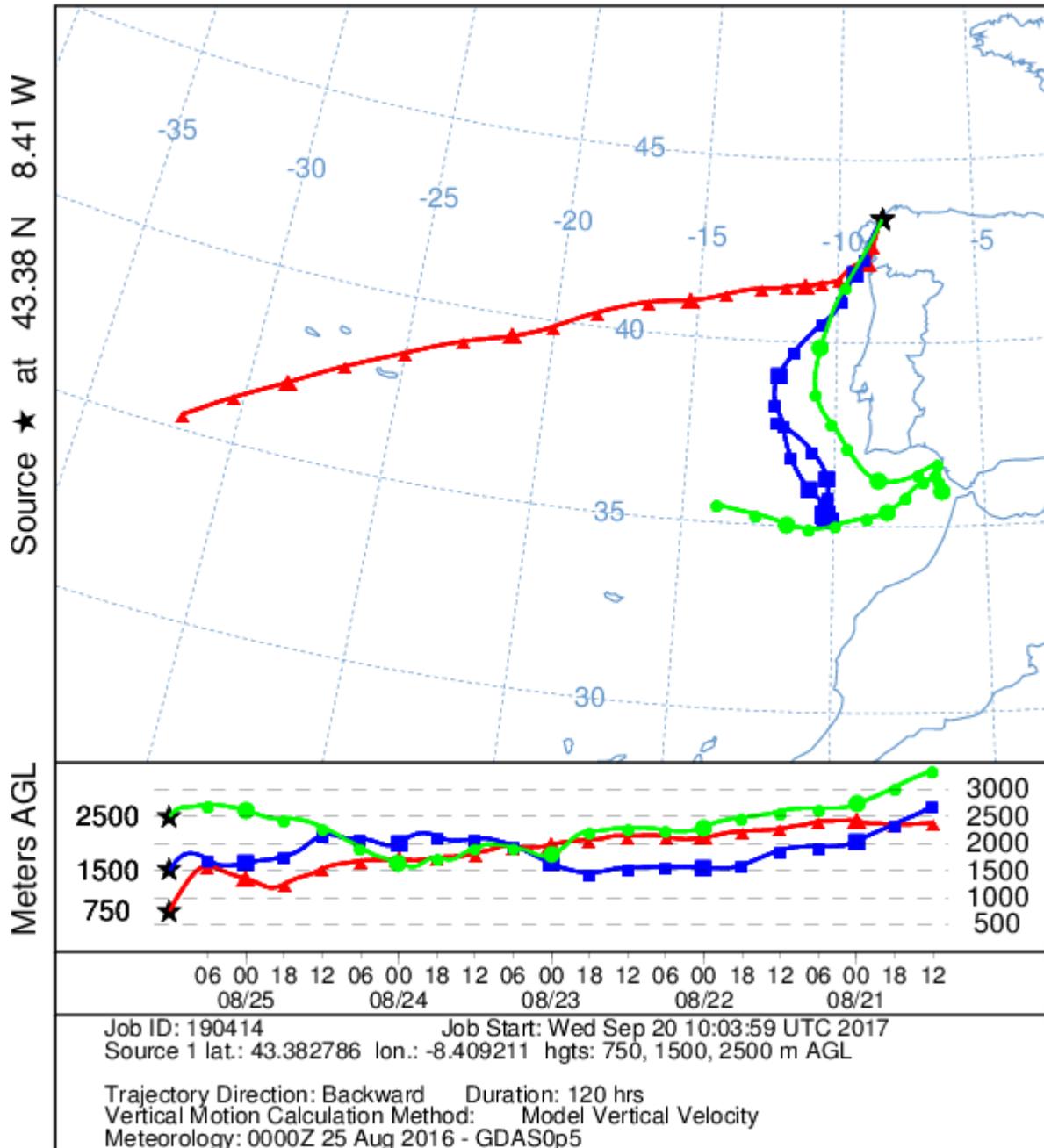


Gráfica 93. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 25/08/2016



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 46 muestra que las masas de aire proceden del suroeste de la Península Ibérica.

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1200 UTC 25 Aug 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 94. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOAA para el 25/08/2016

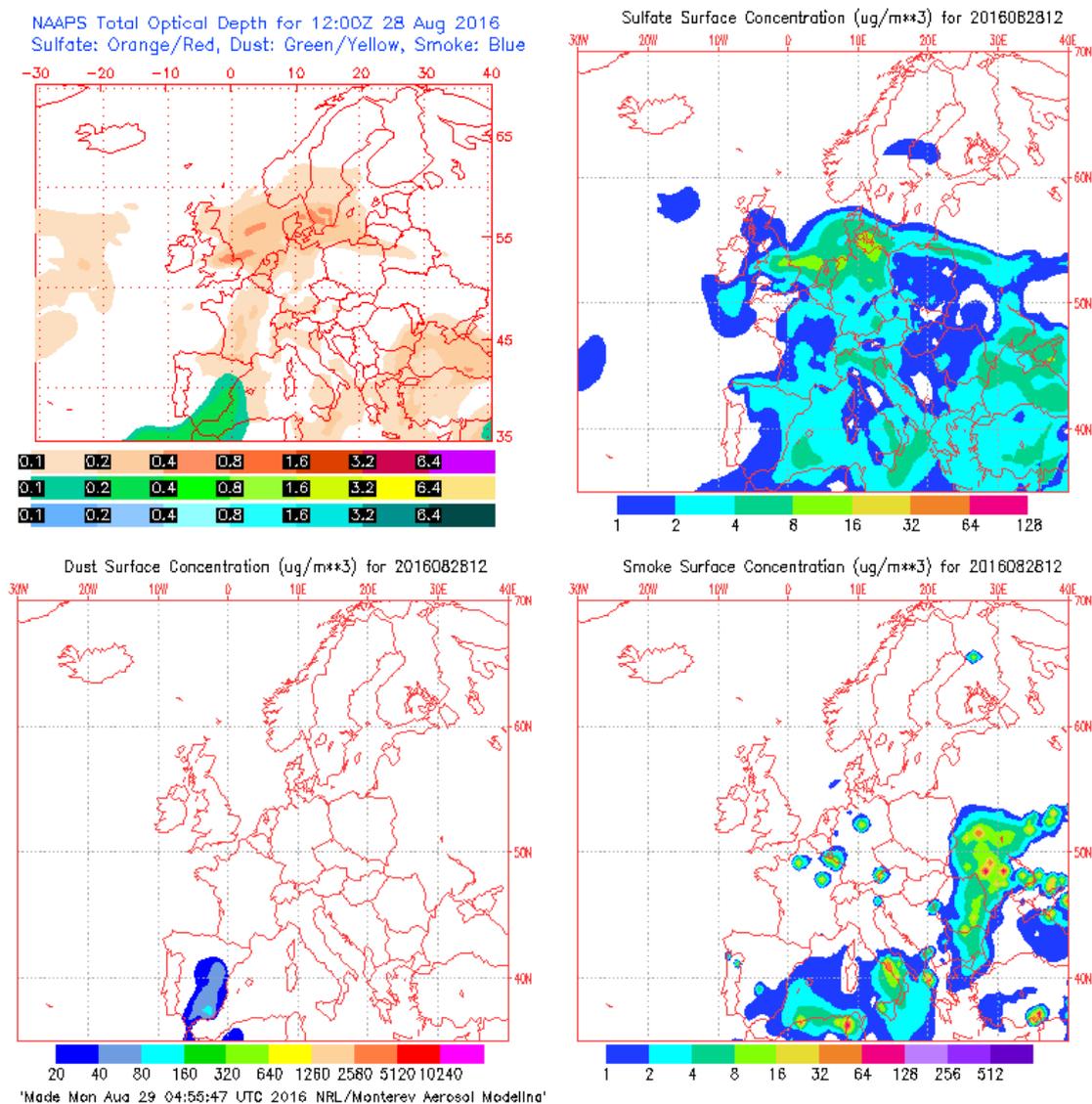


28 DE AGOSTO DE 2016

El analizador automático registró una concentración media diaria de PM₁₀ de 69 µg/m³. Hubo máximas horarias de altura de las olas de 2.20 y 2,93 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 1.71 y 2.02 m. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 20.08 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 10.32 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 48.9%.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 95 no muestra concentraciones de sulfato en superficie. Se ha identificado un episodio de quema de biomasa. No se ha identificado episodios de polvo sahariano.

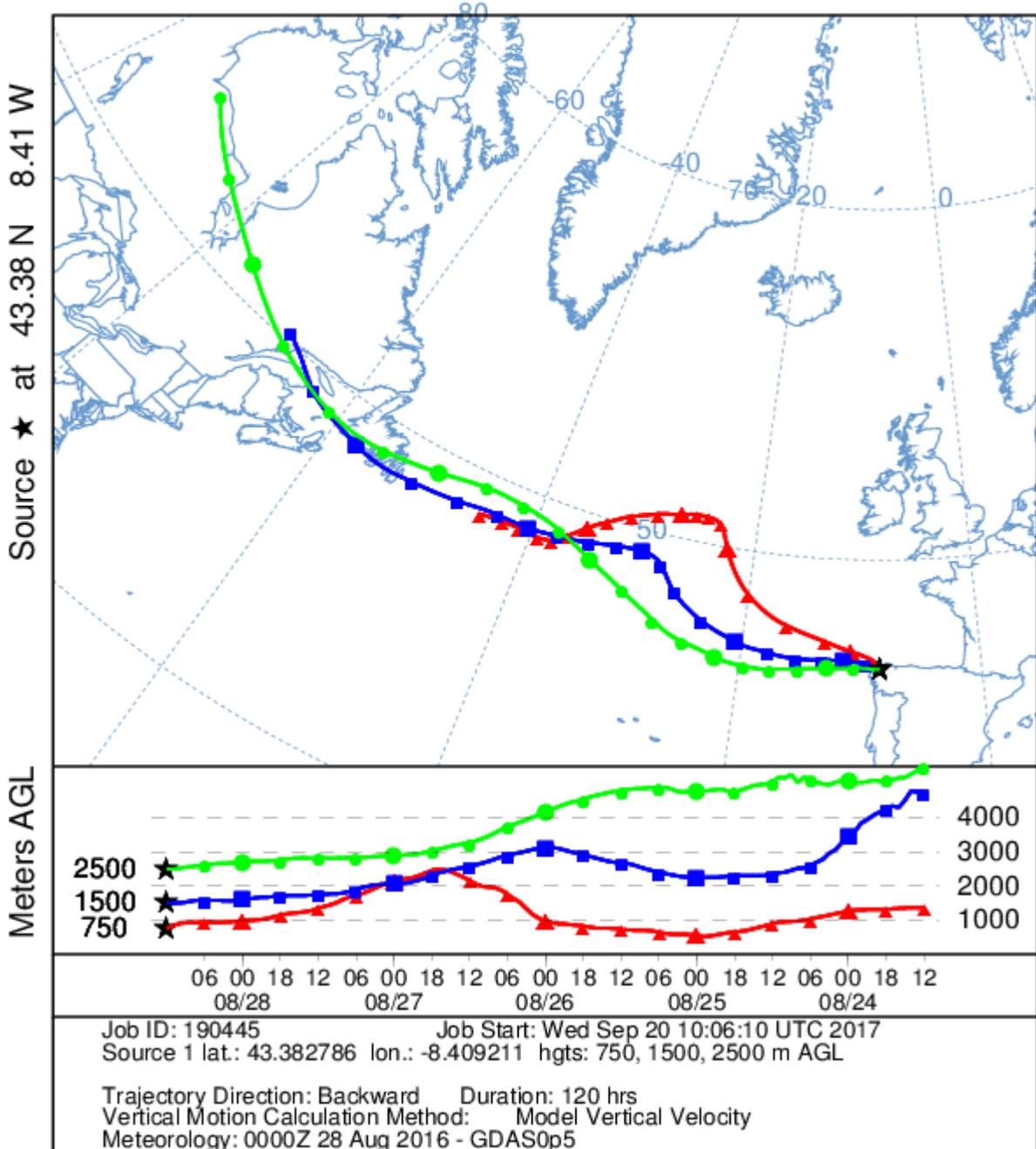


Gráfica 95. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 28/08/2016



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

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1200 UTC 28 Aug 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 96. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 28/08/2016

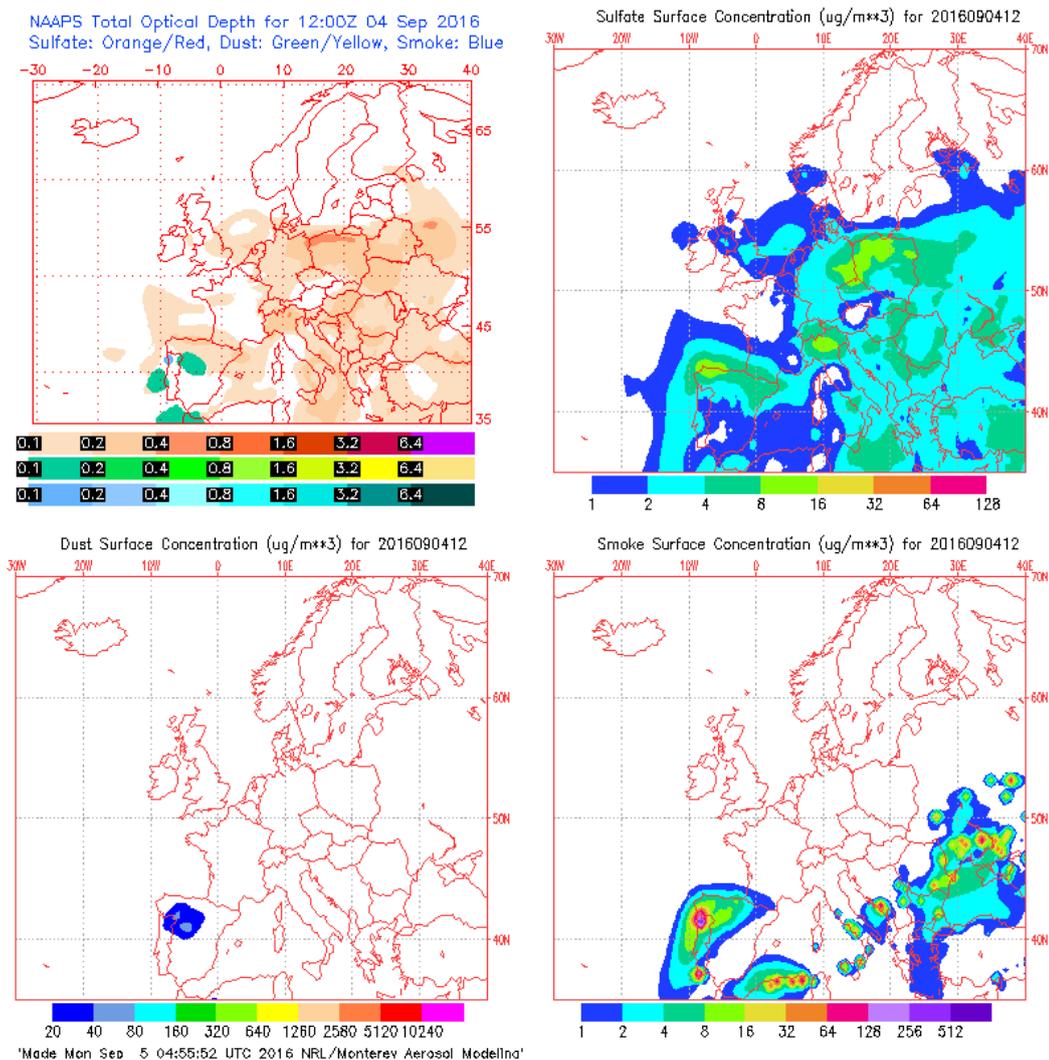


4 DE SEPTIEMBRE DE 2016

La concentración de PM₁₀ medida con el analizador automático fue de 59 µg/m³ para la media diaria. Se registraron máximas horarias de altura de las olas de 2.35 y 3.40 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 1.80 y 2.40 m. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 23 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 3.87 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 48.9%.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 97 muestra concentraciones de sulfato en superficie, entre 2-16 µg/m³. También se han identificado episodios de quema de biomasa e intrusiones de polvo sahariano. Para esta fecha el CIEMAT identifica un aporte de polvo sahariano cuantificado en 8 µg/m³, los cuales también hay que restar a la concentración de PM₁₀.

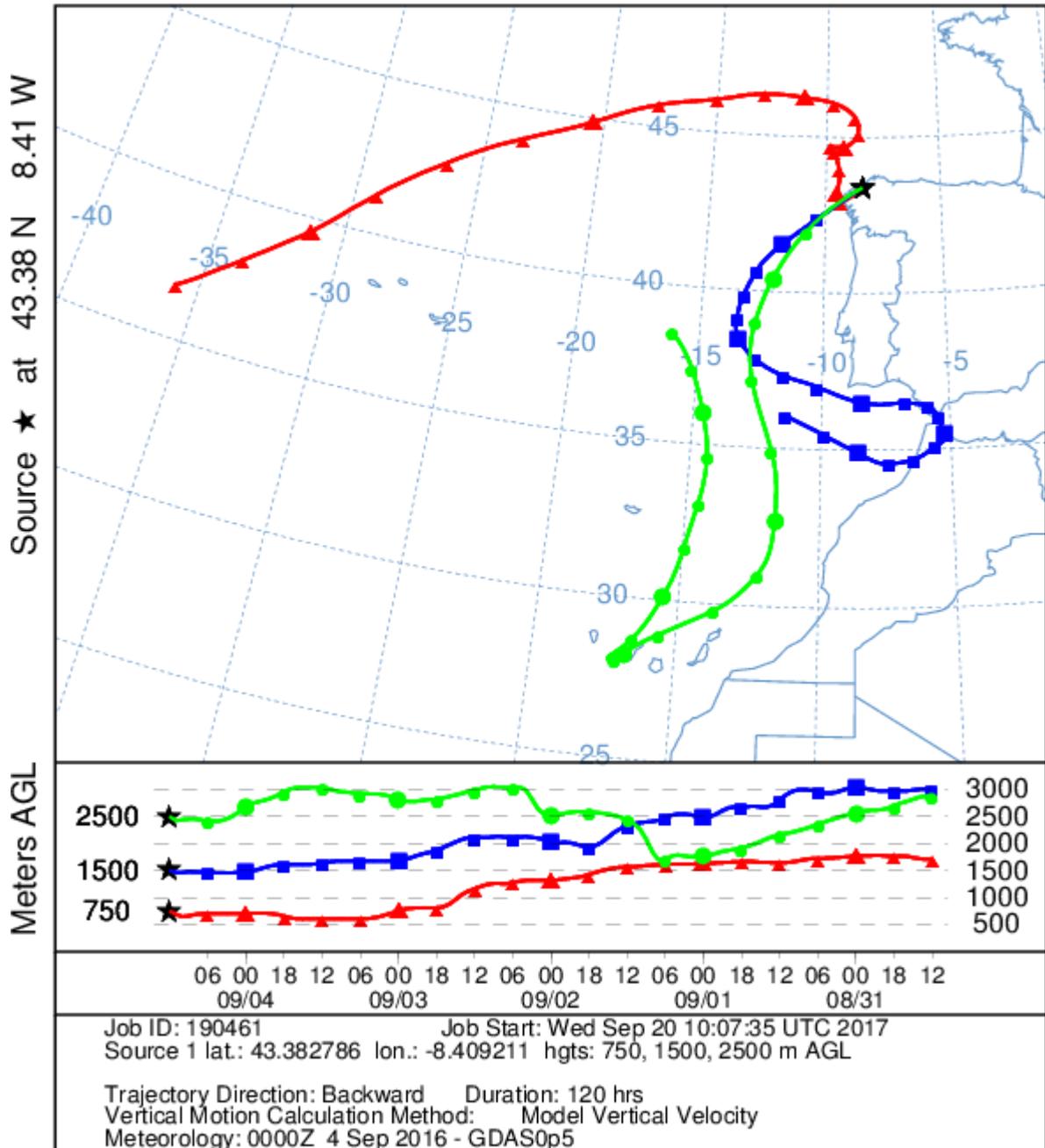


Gráfica 97. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 04/09/2016



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 98 muestra que las masas provienen del Atlántico.

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1200 UTC 04 Sep 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 98. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOAA para el 04/09/2016.

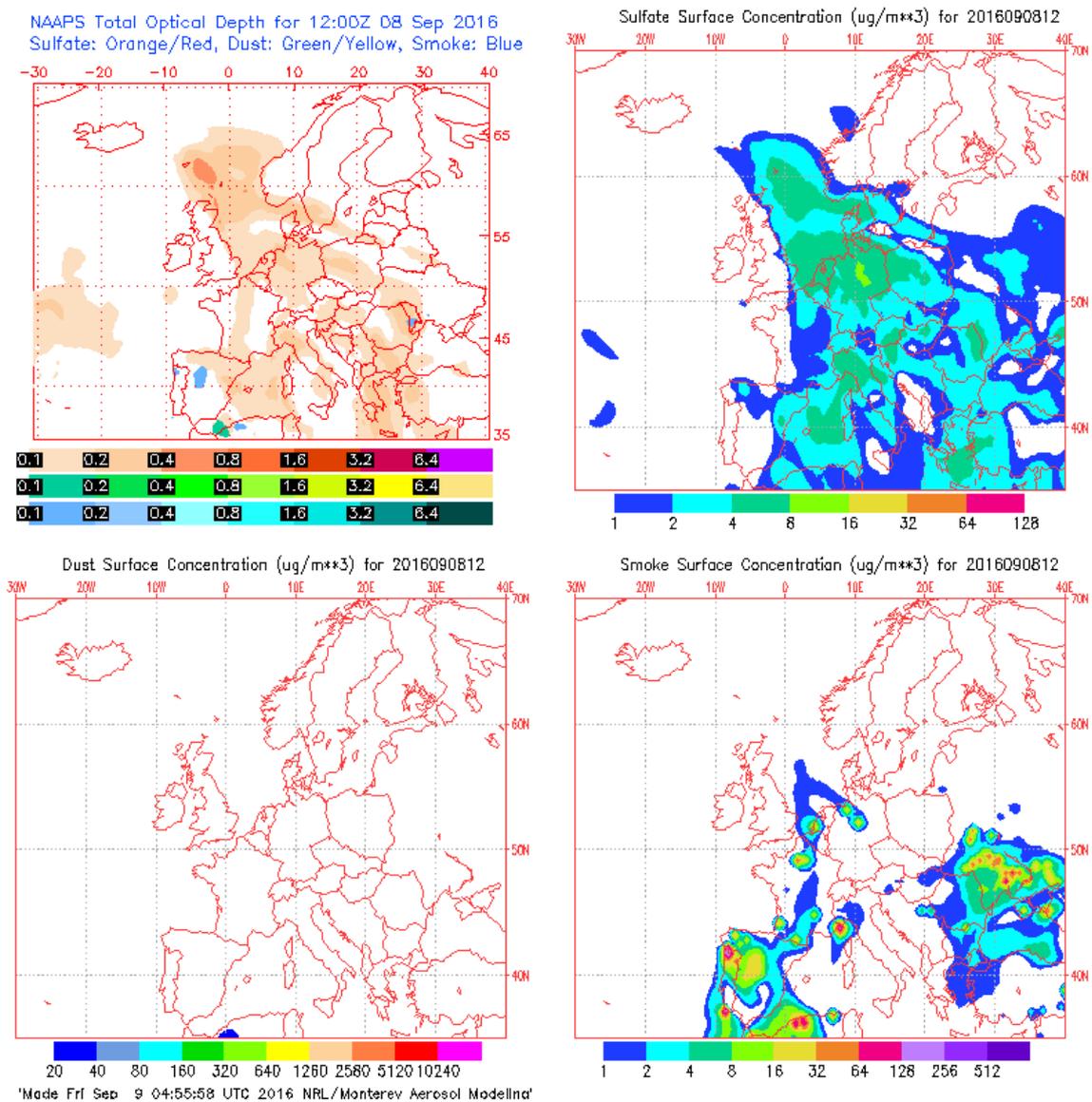


8 DE SEPTIEMBRE DE 2016

La concentración media diaria de PM₁₀ fue de 82 µg/m³, obtenida con el analizador automático. Se registraron máximas horarias de altura de las olas de 2.67 y 3.52 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 2.21 y 2.63 m. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 20.7 km/h, lo cual se corresponde con un viento débil.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 12.83 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 51.2%.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 99 muestra concentraciones bajas de sulfato en superficie, entre 1-4 µg/m³ y se han identificado episodios de quema de biomasa debido a incendios forestales. No se identificaron intrusiones de polvo sahariano.

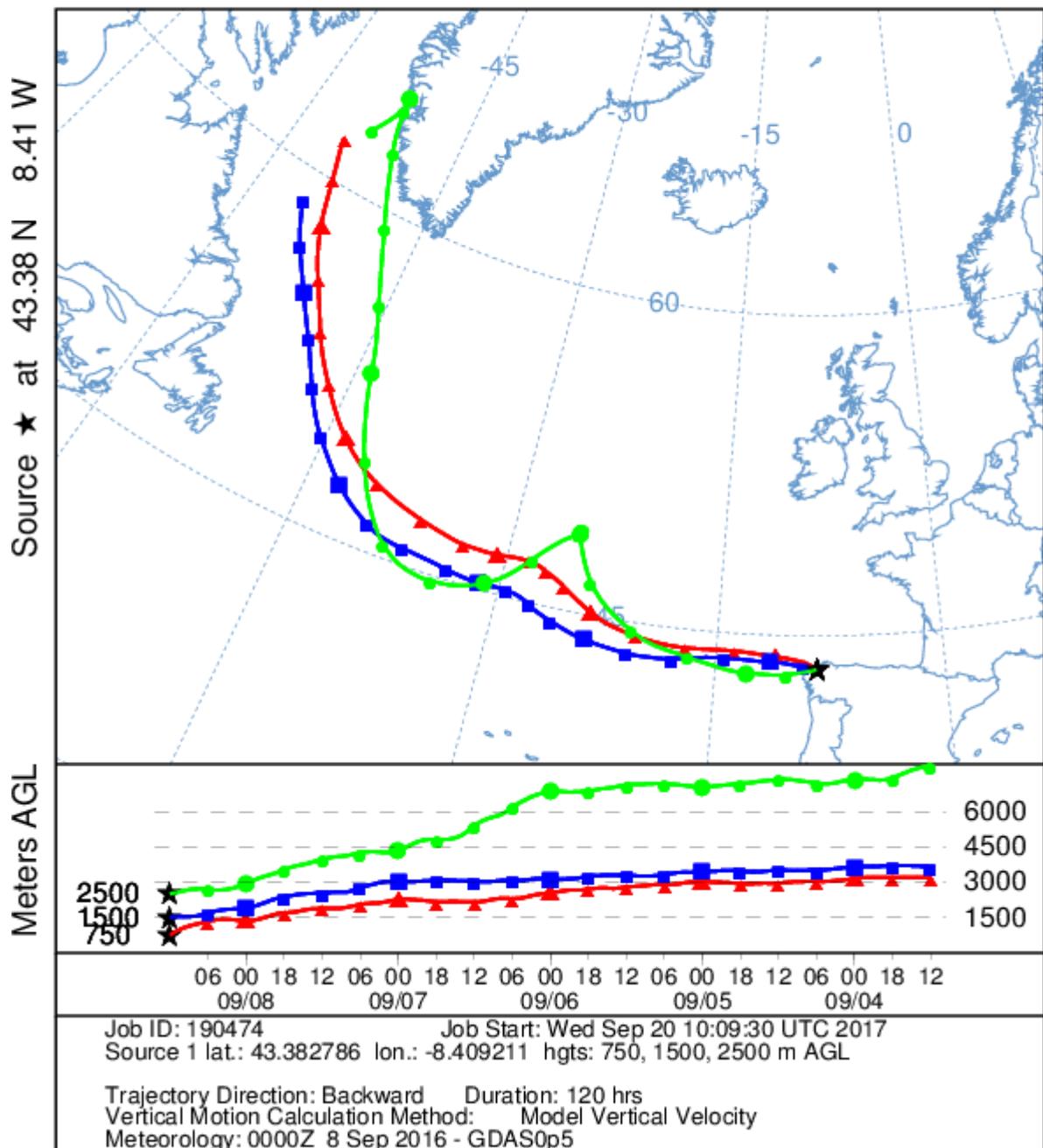


Gráfica 99. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 08/09/2016



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

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1200 UTC 08 Sep 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 100. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 08/09/2016

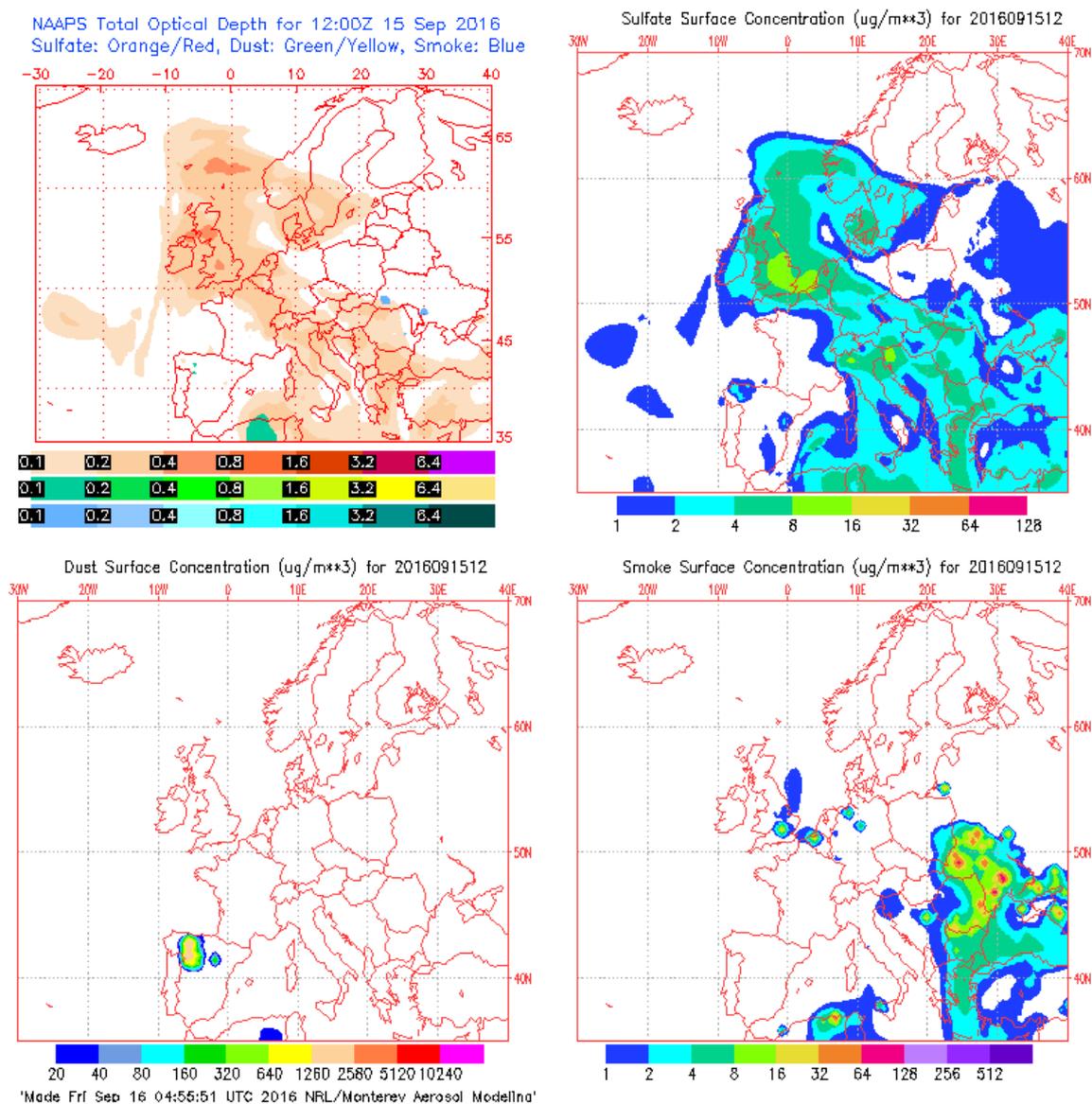


15 DE SEPTIEMBRE DE 2016

Se registró una concentración media diaria de PM₁₀ de 59 µg/m³ con el analizador automático. Se obtuvieron máximas horarias de altura de las olas de 3,78 y 5.74 m en Punta Langosteira y Estaca de Bares respectivamente. Estos valores suponen un aviso nivel naranja. La altura media de las olas fue de 2.89 y 3.83 m. No se dispone de datos referentes a la racha de viento en Coruña-Dique.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 12.66 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 70.2%.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 101 muestra concentraciones bajas de sulfato en superficie, entre 1-4 µg/m³. No se ha identificado episodio de quema de biomasa ni de polvo sahariano.

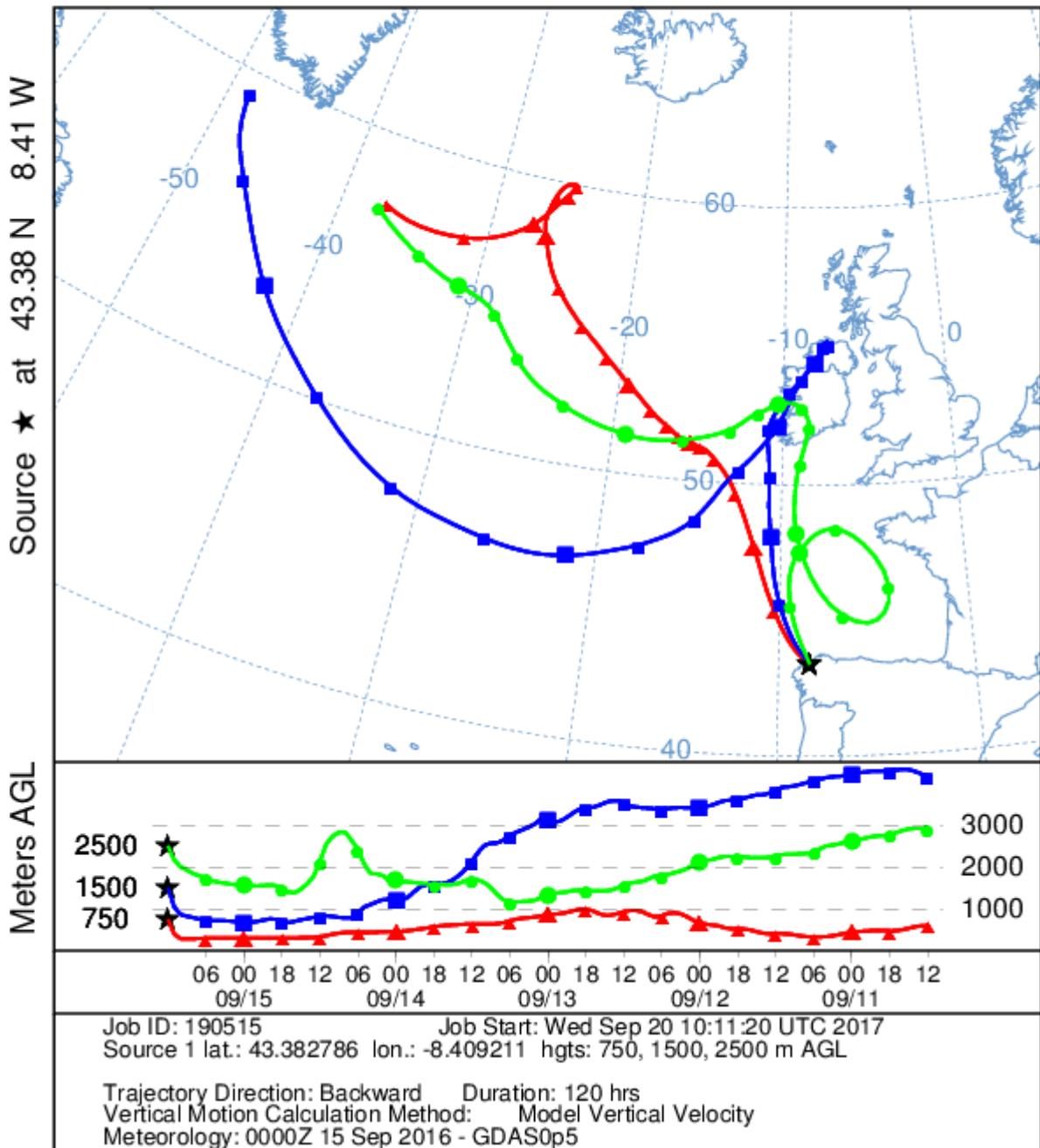


Gráfica 101. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 15/09/2016



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 102 muestra que las masas de aire proceden del Océano Atlántico.

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1200 UTC 15 Sep 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 102. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOAA para el 15/09/2016.

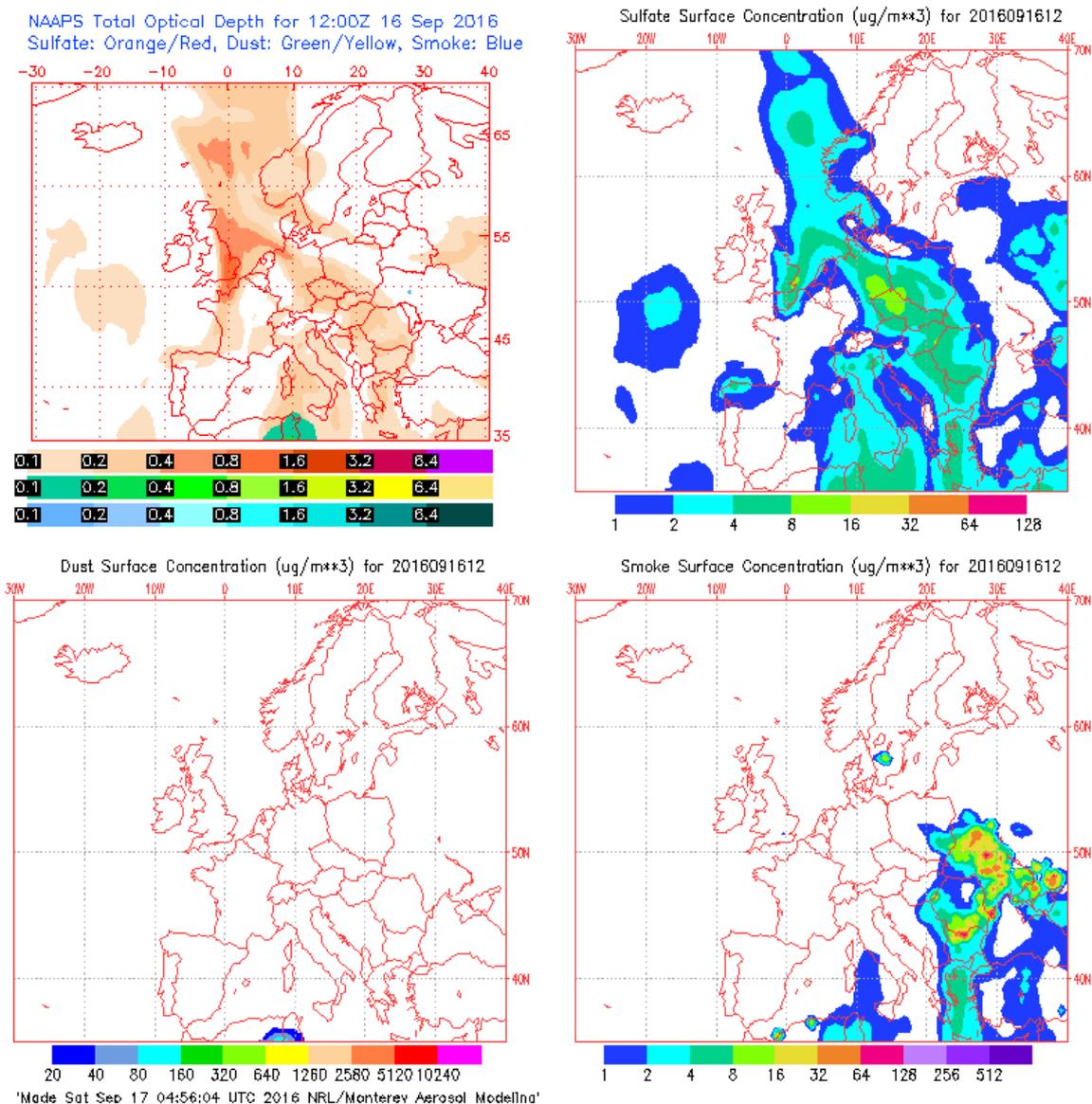


16 DE SEPTIEMBRE DE 2016

La concentración media diaria obtenida con el analizador automático fue de 52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} . Hubo máximas horarias de altura de las olas de 2.29 y 2.58 m en Punta Langosteira y Estaca de Bares respectivamente. La altura media de las olas fue de 1.81 y 2.21 m. No hay datos disponibles de la racha de viento en Coruña-Dique.

La concentración de Na^+ en el filtro fue de 10.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, lo cual quiere decir que el porcentaje de sal marina en la composición de la fracción PM_{10} de la materia particulada fue del 68.5%.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 103 muestra concentraciones bajas de sulfato en superficie, entre 1-4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.

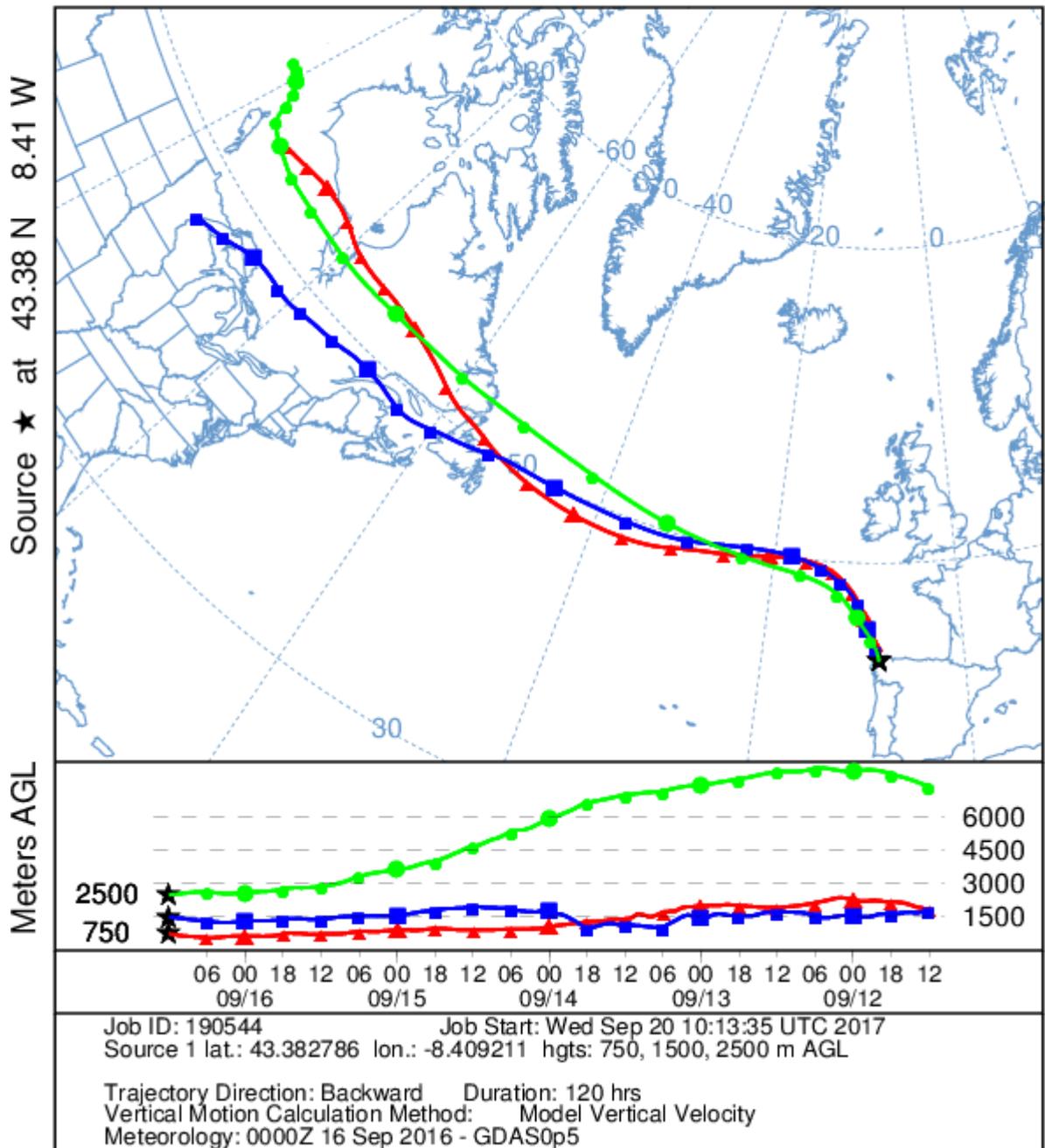


Gráfica 103. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 16/09/2016



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.

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1200 UTC 16 Sep 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 104. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOAA para el 16/09/2016

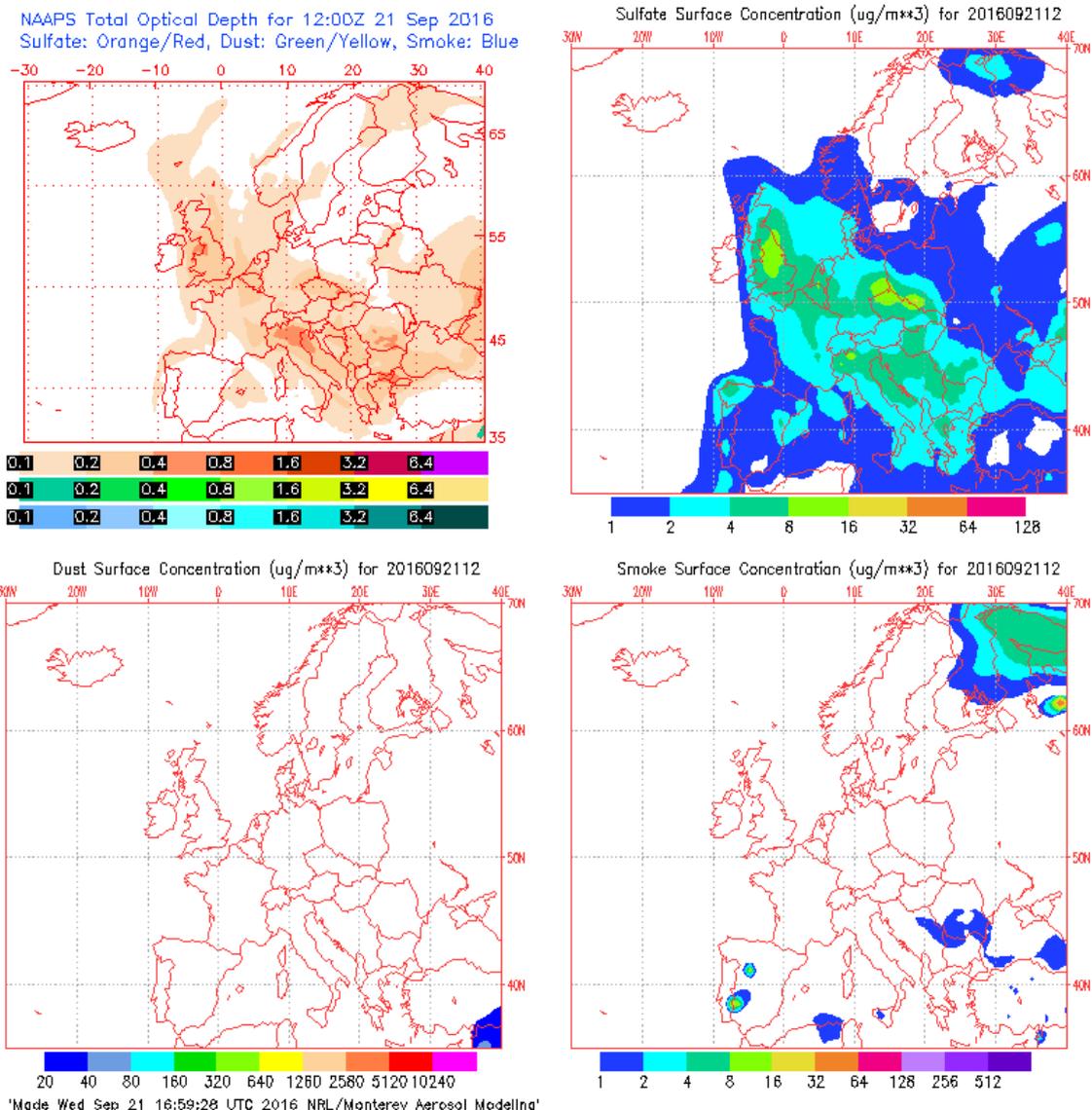


21 DE SEPTIEMBRE DE 2016

La concentración media diaria de PM₁₀ fue de 83 µg/m³ obtenida con el analizador automático. Se registraron máximas horarias de altura de las olas de 3.08 y 2.81 m en Punta Langosteira y Estaca de Bares respectivamente. La altura media de las olas fue de 2.51 y 2.23 m. No se dispone de datos de racha de viento en Coruña-Dique.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 18.64 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 73.44%.

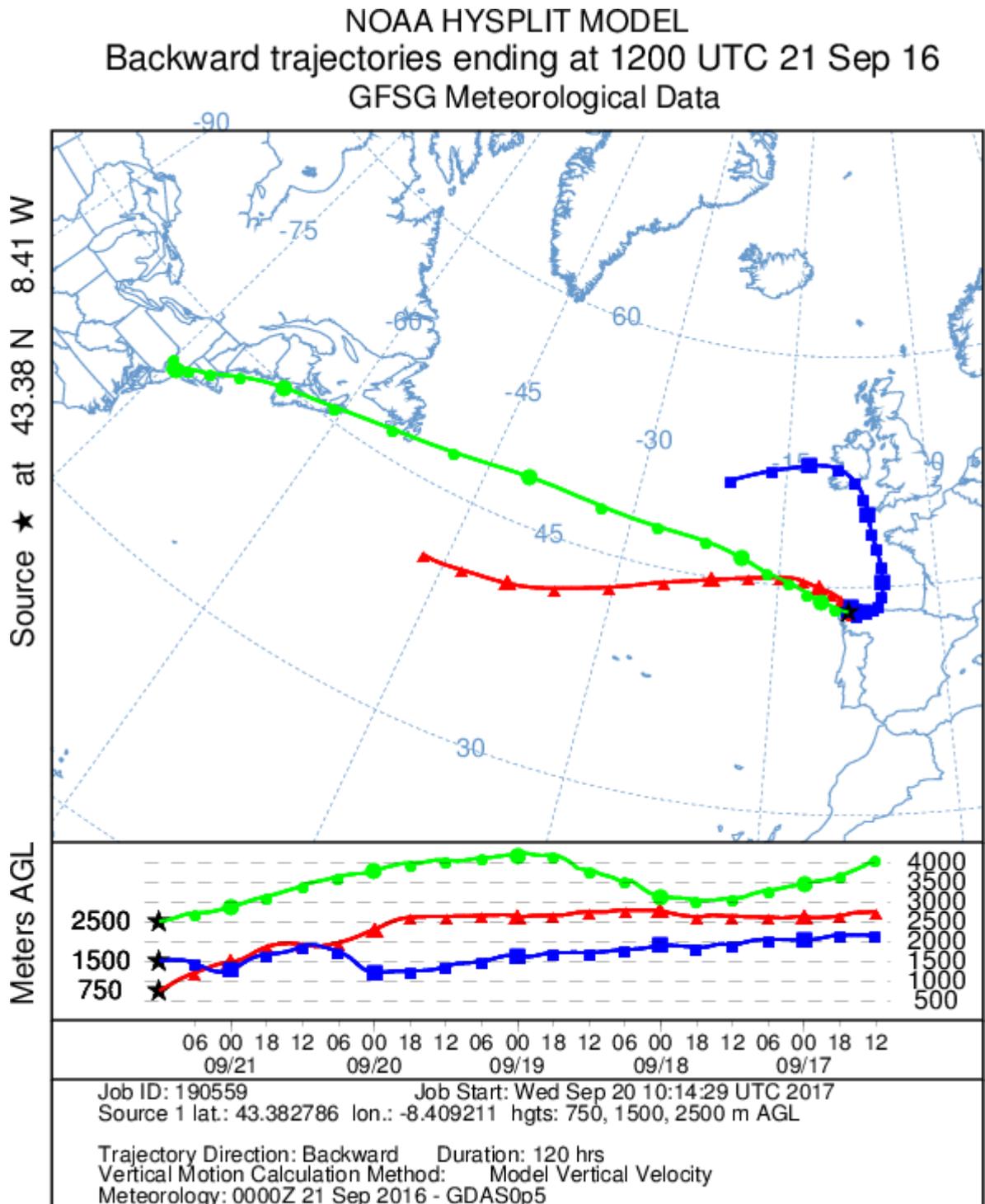
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 105 muestra concentraciones bajas de sulfato en superficie, entre 1-8 µg/m³. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 105. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 21/09/2016.



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 NOAA para el 21/09/2016

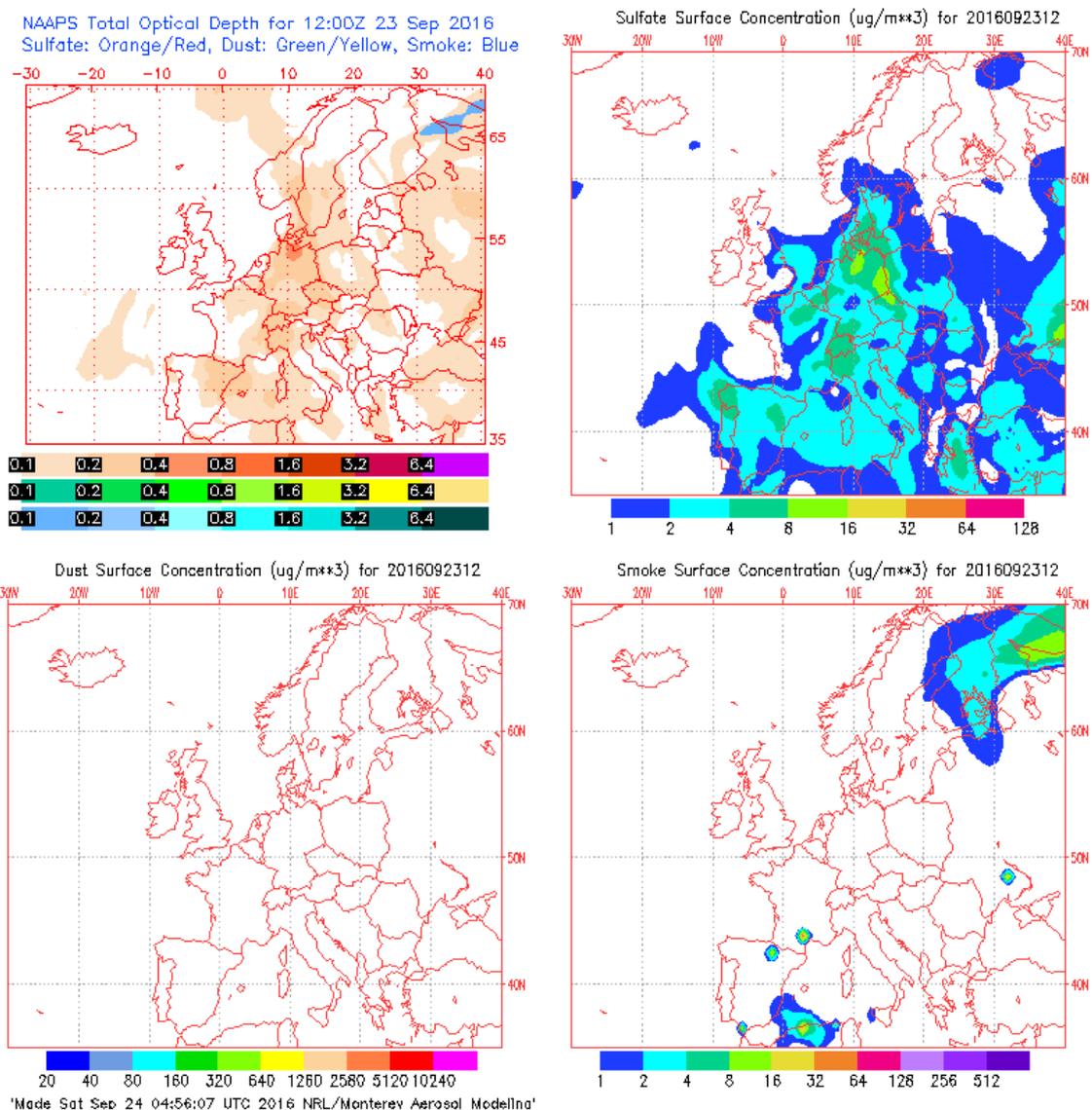


22 DE SEPTIEMBRE DE 2016

El analizador automático registró una concentración media diaria de PM₁₀ de 95 µg/m³. Se obtuvieron máximas horarias de altura de las olas de 2.71 y 2.81 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 2.19 y 2.12 m. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 23.3 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 21.58 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 74.3%.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 107 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.

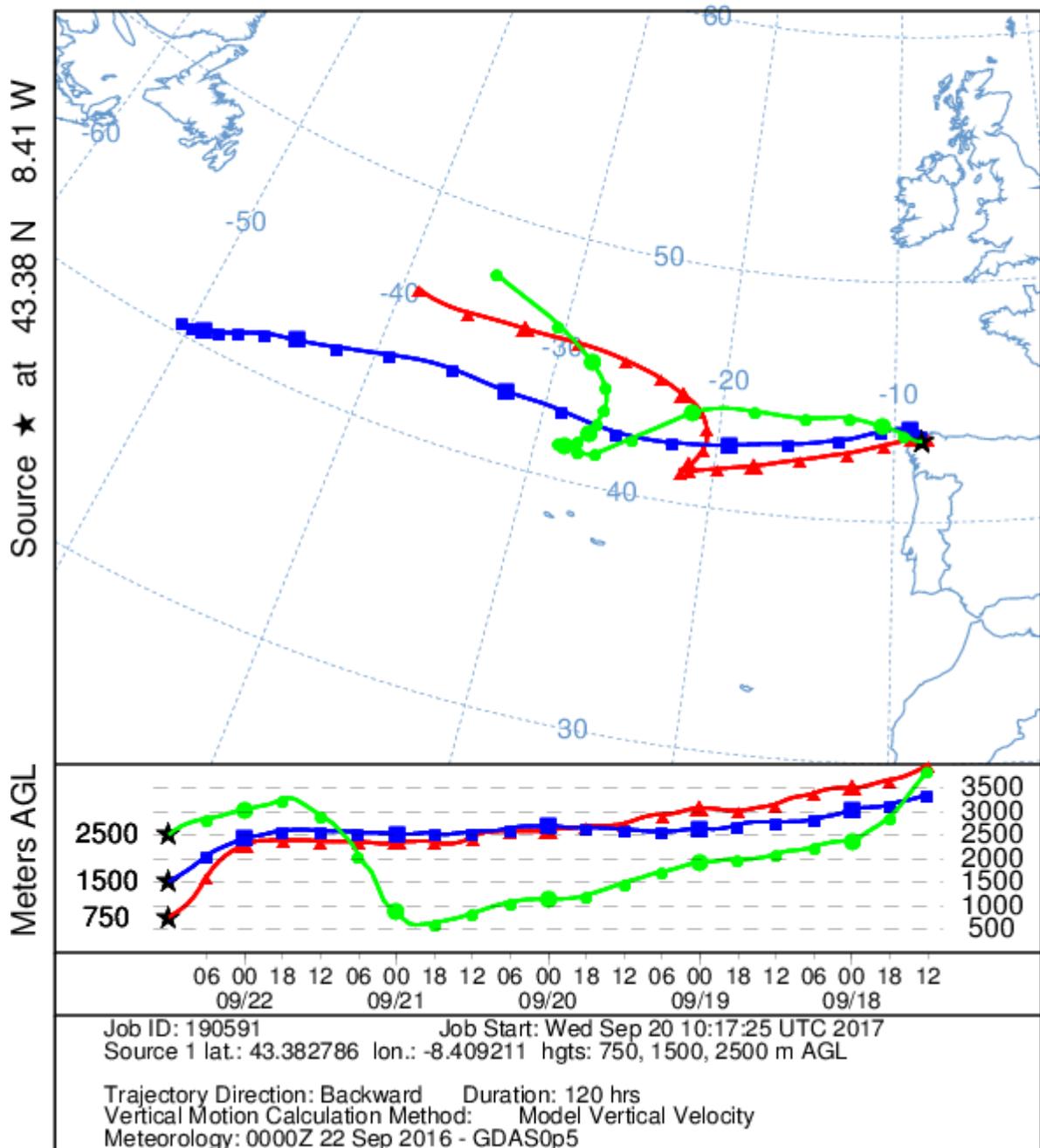


Gráfica 107. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 22/09/2016



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 108 muestra que las masas de aire proceden del transporte a largas distancias desde zonas limpias del Océano Atlántico.

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1200 UTC 22 Sep 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 108. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOAA para el 22/09/2016

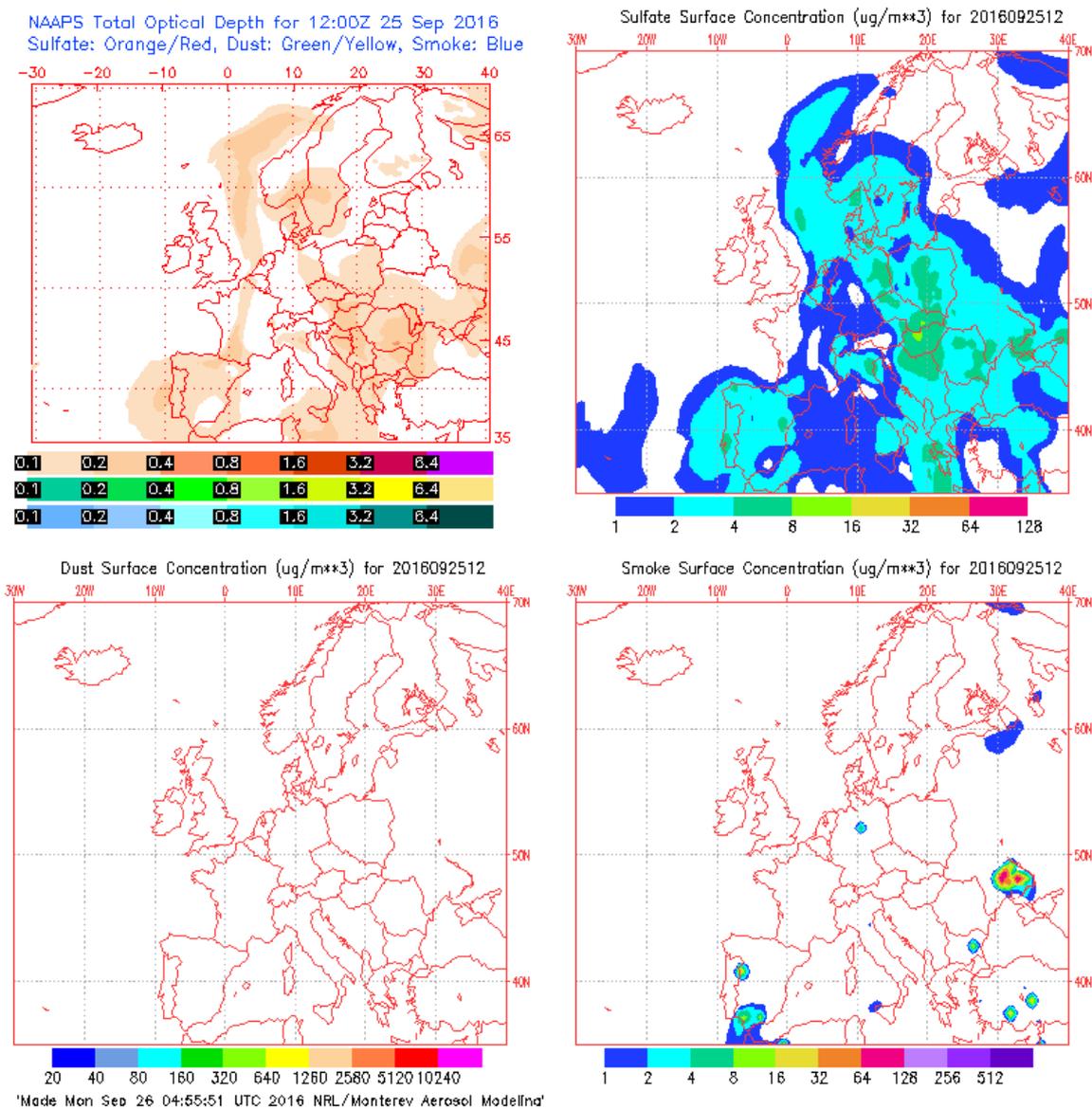


25 DE SEPTIEMBRE DE 2016

La concentración media diaria de PM₁₀ fue de 89 µg/m³ registrada con el analizador automático. Se obtuvieron registraron máximas horarias de altura de las olas de 3.71 y 3.28 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 2.41 y 2.61 m. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 26.1 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 19.1 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 70.2%.

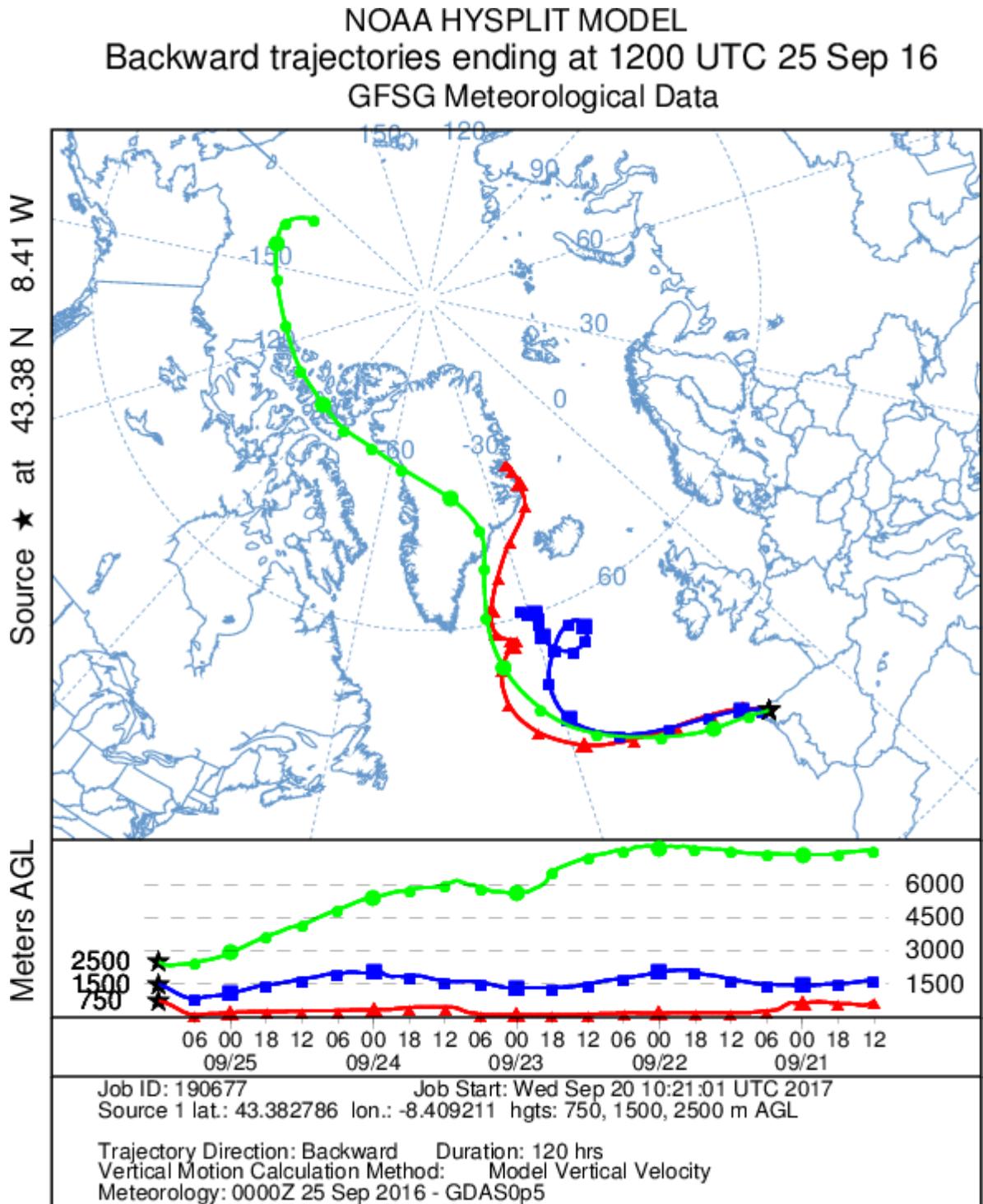
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 109 muestra concentraciones bajas de sulfato en superficie, entre 1-4 µg/m³. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni un intrusión de polvo sahariano.



Gráfica 109. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 25/09/2016



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 110 muestra que las masas de aire proceden del ártico (750 m), del Mar de Beaufort (2500 m) y del Mar de Groenlandia (1500 m).



Gráfica 110. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOAA para el 25/09/2016

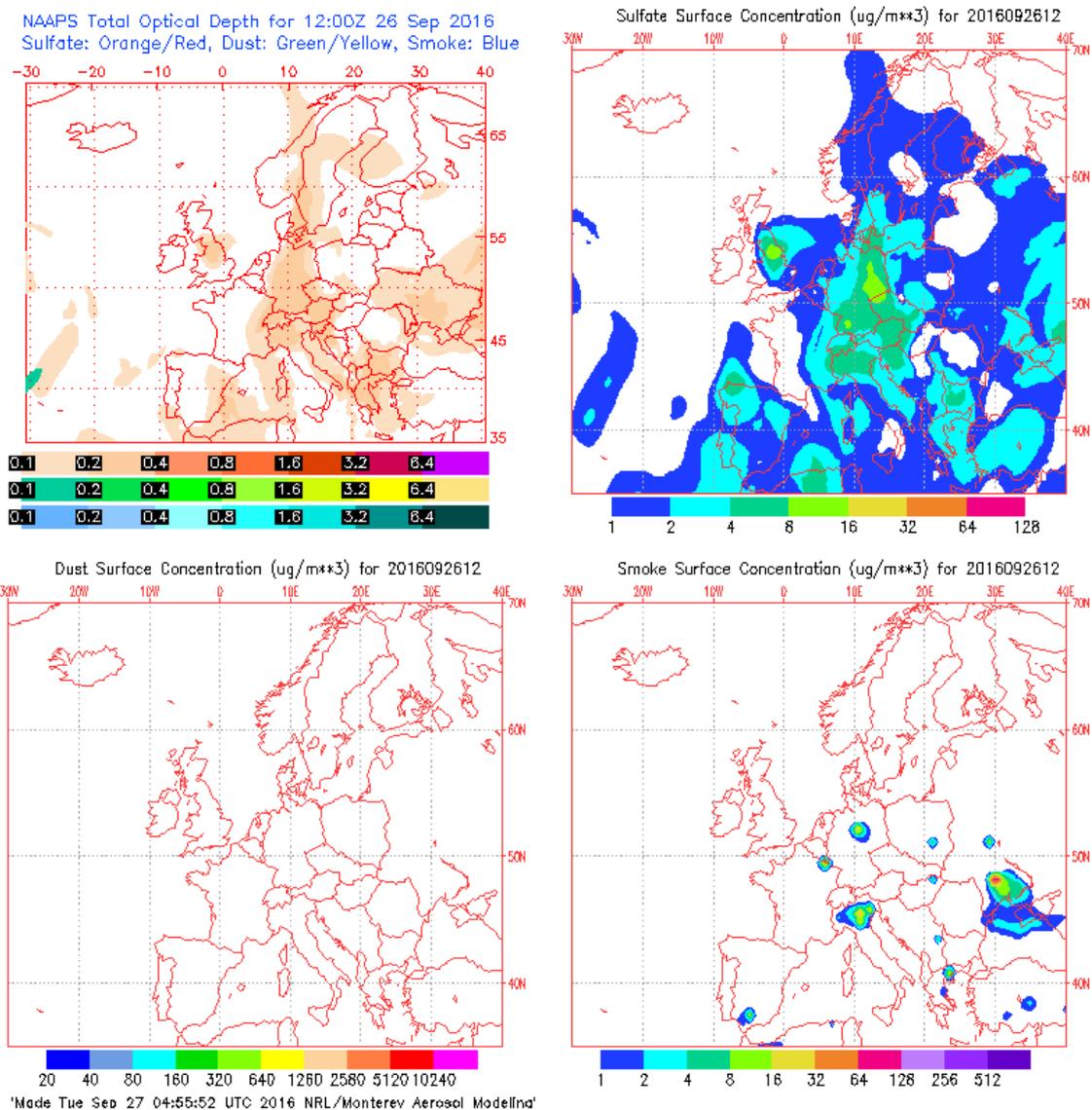


26 DE SEPTIEMBRE DE 2016

El analizador automático obtuvo 84 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de concentración media diaria de PM_{10} . Se registraron máximas horarias de altura de las ola de 3.02 m en Punta Langosteira y de 3.63 m en Estaca de Bares. Este valor no llega al umbral de aviso nivel amarillo. La altura media de las ola fue de 2.19 m y 2.52 m respectivamente. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 29.6 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

La concentración de Na^+ en el filtro fue de 18.26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, lo cual quiere decir que el porcentaje de sal marina en la composición de la fracción PM_{10} de la materia particulada fue del 71.1%.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 111 muestra concentraciones bajas de sulfato en superficie, entre 2-8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni intrusiones de polvo sahariano.

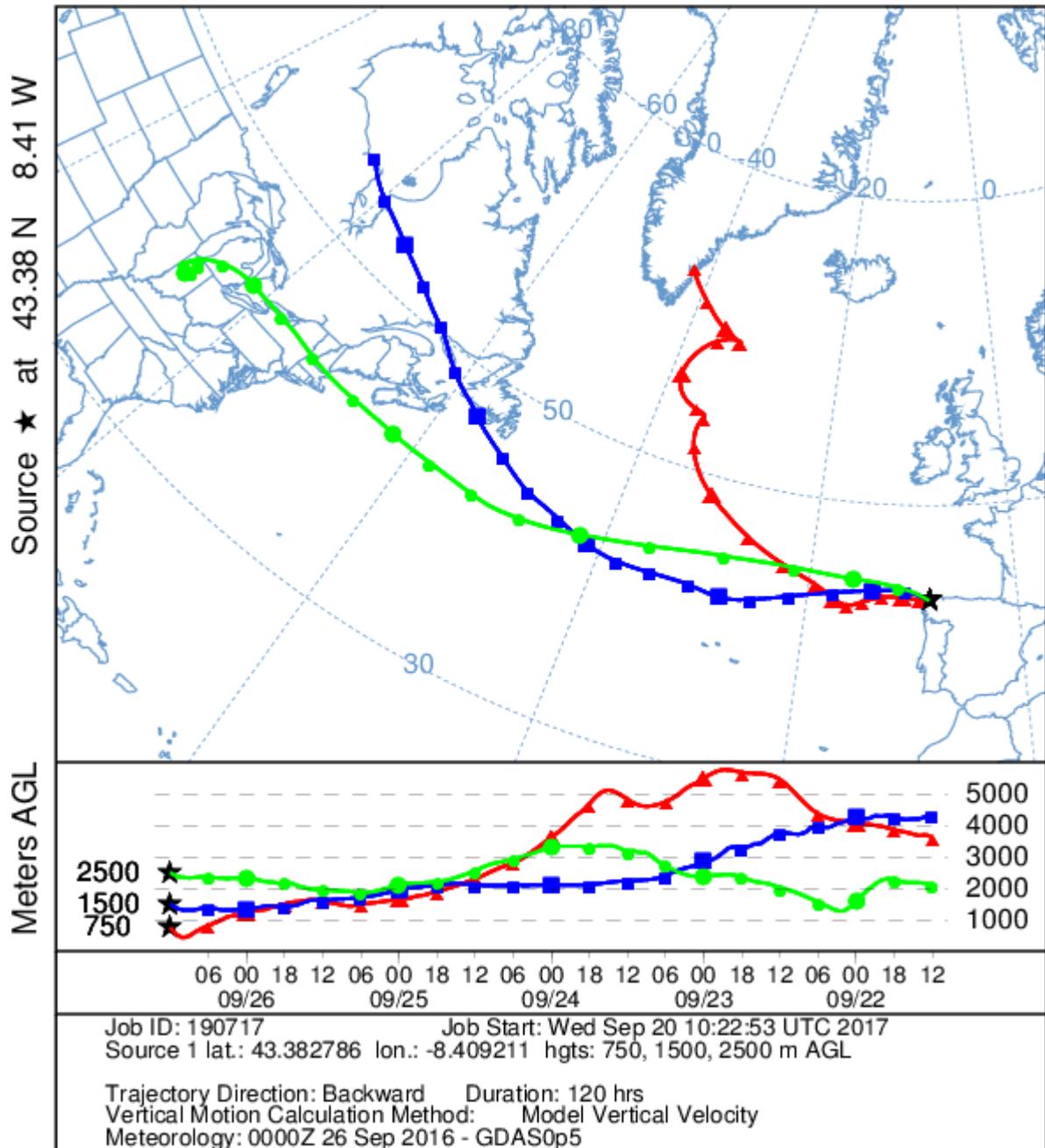


Gráfica 111. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 26/09/2016



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 112 muestra que las masas de aire proceden del ártico (750 m) y del norte del continente americano (1500 y 2000 m).

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1200 UTC 26 Sep 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 112. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 26/09/2016

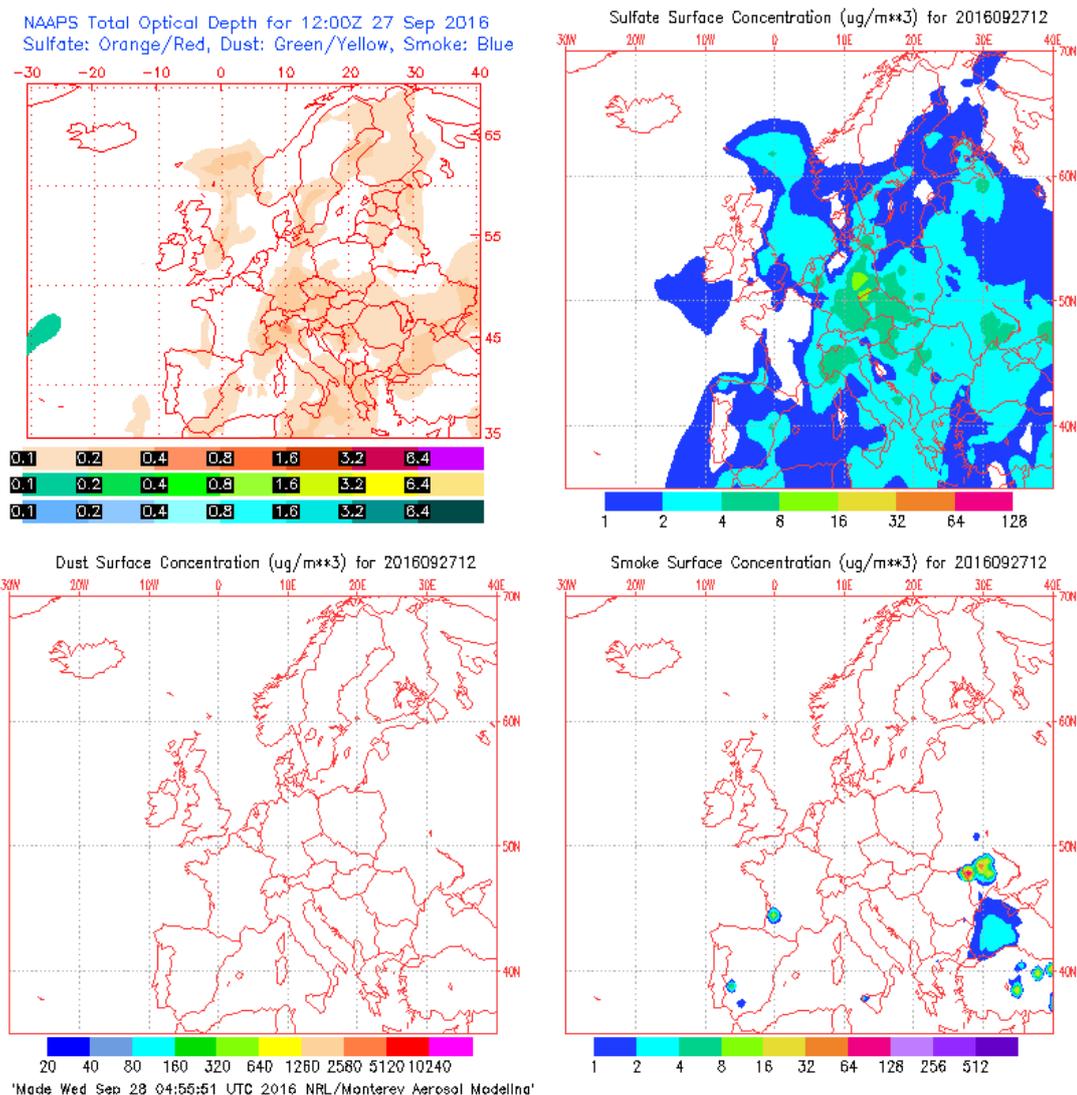


27 DE SEPTIEMBRE DE 2016

La concentración media diaria de PM₁₀ fue de 52 µg/m³ registrada con el analizador automático. Se obtuvieron máximas horarias de altura de las olas de 2.40 y 3.28 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 1.92 y 2.33 m. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 22.9 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 9.09 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 57.2%.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 113 muestra concentraciones bajas de sulfato en superficie, entre 1-4 µg/m³. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni intrusiones de polvo sahariano.

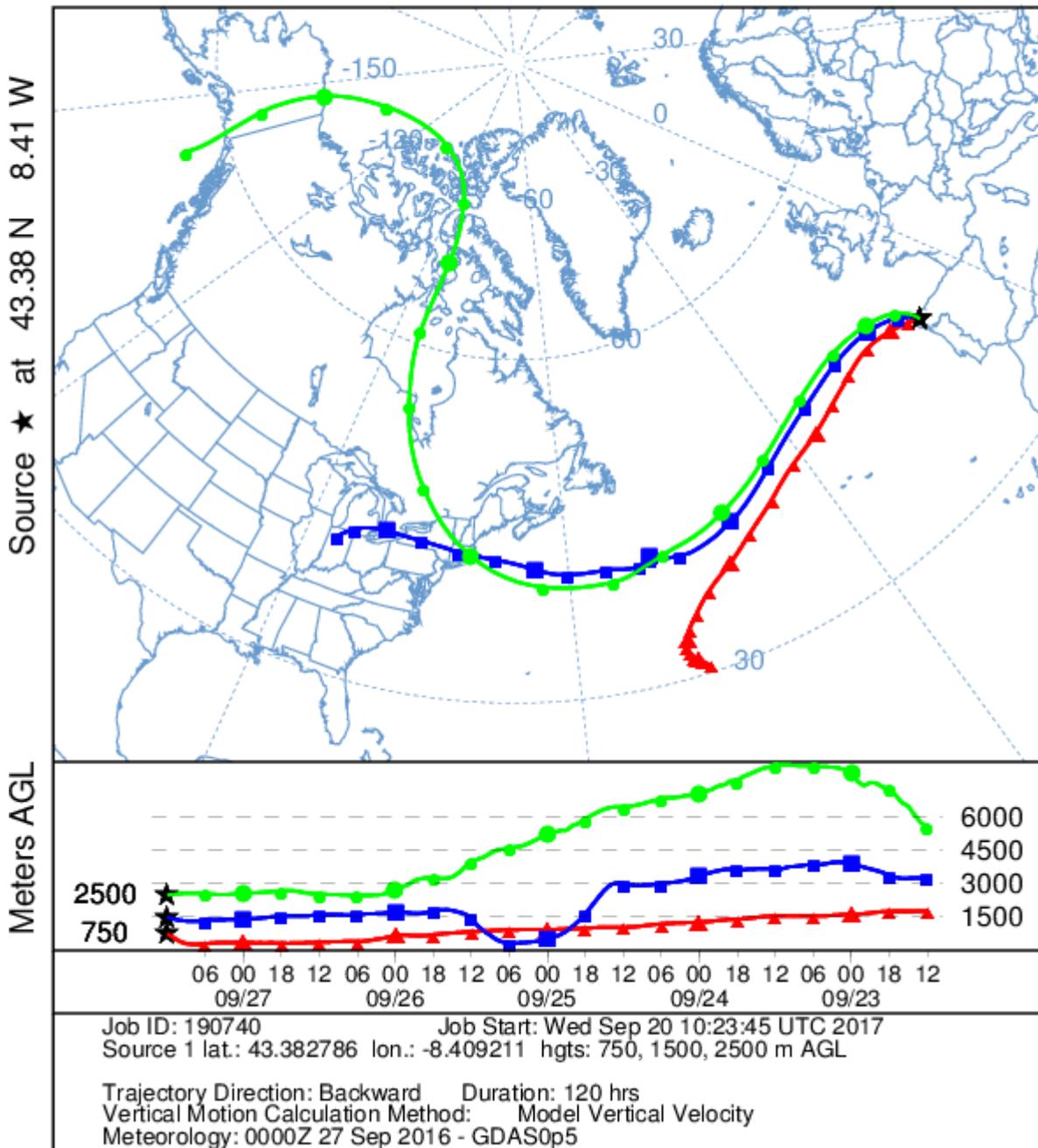


Gráfica 113. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 27/09/2016



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 114 muestra que las masas de aire proceden de diferentes zonas. Las masas de aire a 750 m proceden de zonas limpias del Atlántico, mientras que a 1500 m proceden de Indiana (EEUU) y a 1500 m proceden del Golfo de Alaska.

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1200 UTC 27 Sep 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 114. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 27/09/2017

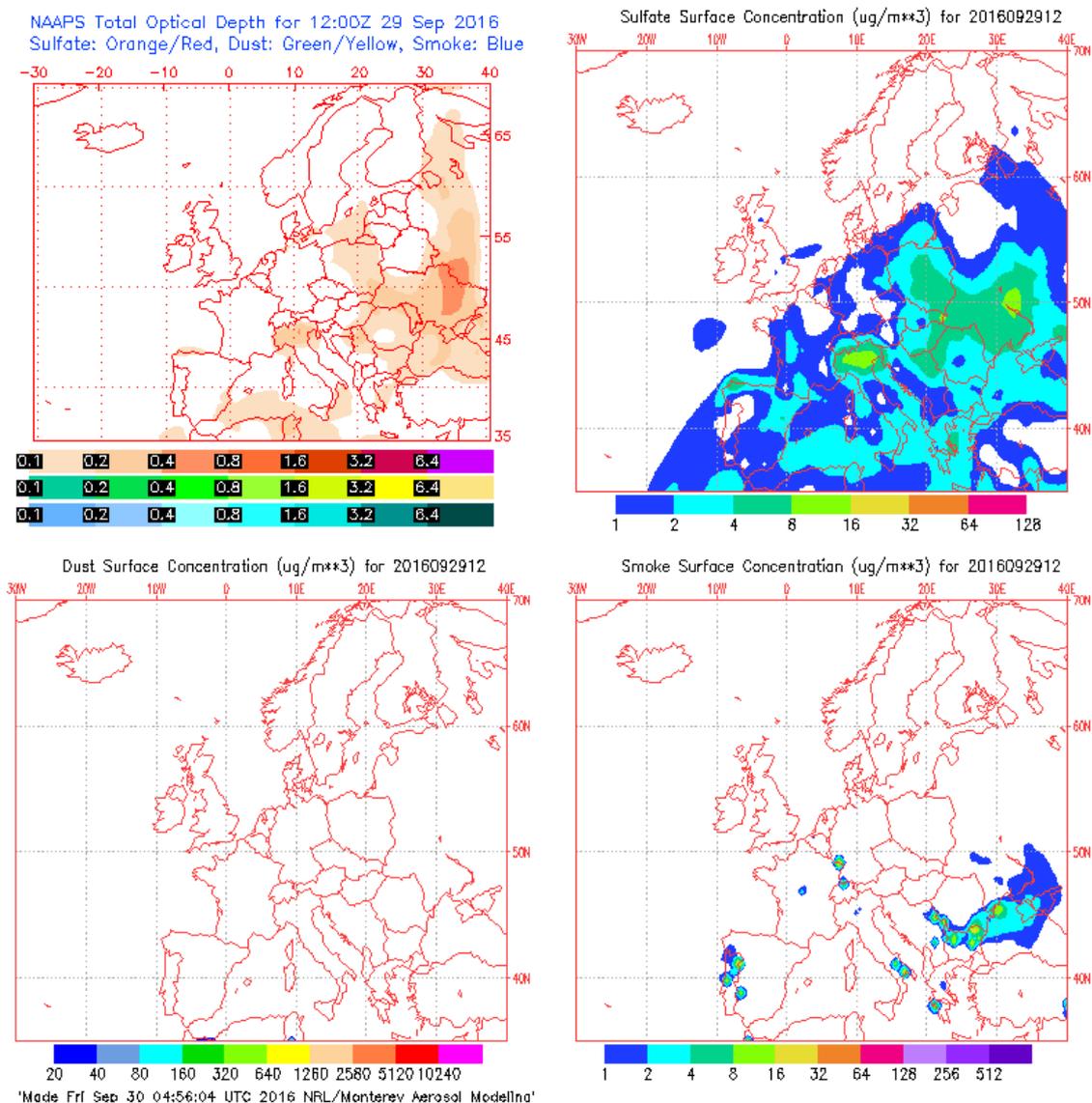


29 DE SEPTIEMBRE DE 2016

Se obtuvo una concentración media diaria de PM₁₀ de 80 µg/m³ con el analizador automático. Hubo máximas horarias de altura de las olas de 2.33 y 3.05 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 1.93 y 2.45 m. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 24 km/h, lo cual se corresponde con un viento débil.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 13.22 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 54.0%.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 115 muestra concentraciones bajas de sulfato en superficie, entre 1-8 µg/m³. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de polvo sahariano.

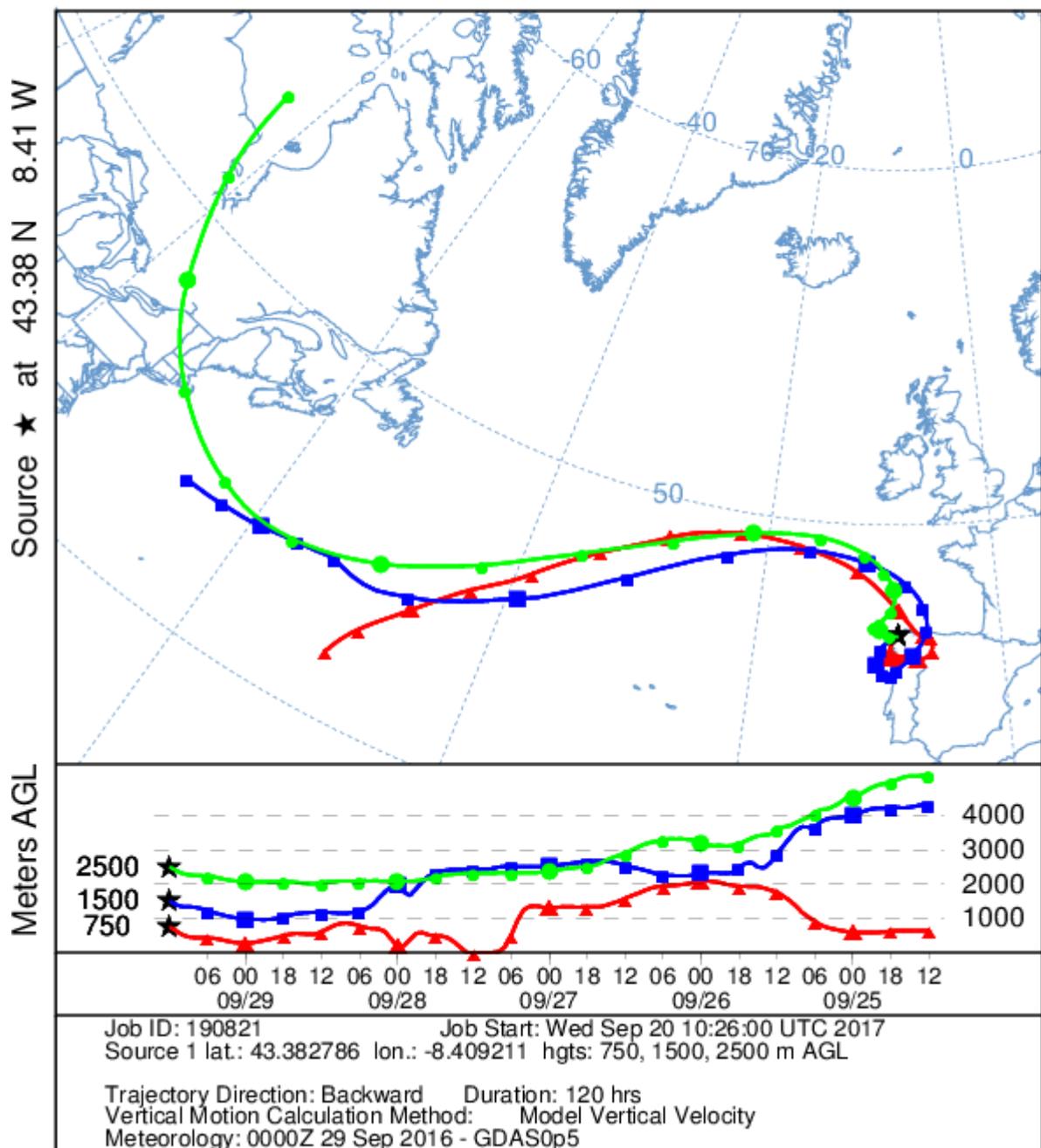


Gráfica 115. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 29/09/2016



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 116 muestra que las masas de aire proceden de distintas zonas dependiendo de su altura, mientras que a las alturas de 750 m y 1500 m el aire proviene de zonas limpias del Océano Atlántico, a 2500 m procede del norte del continente americano.

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1200 UTC 29 Sep 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 116. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOAA para el 29/09/2016

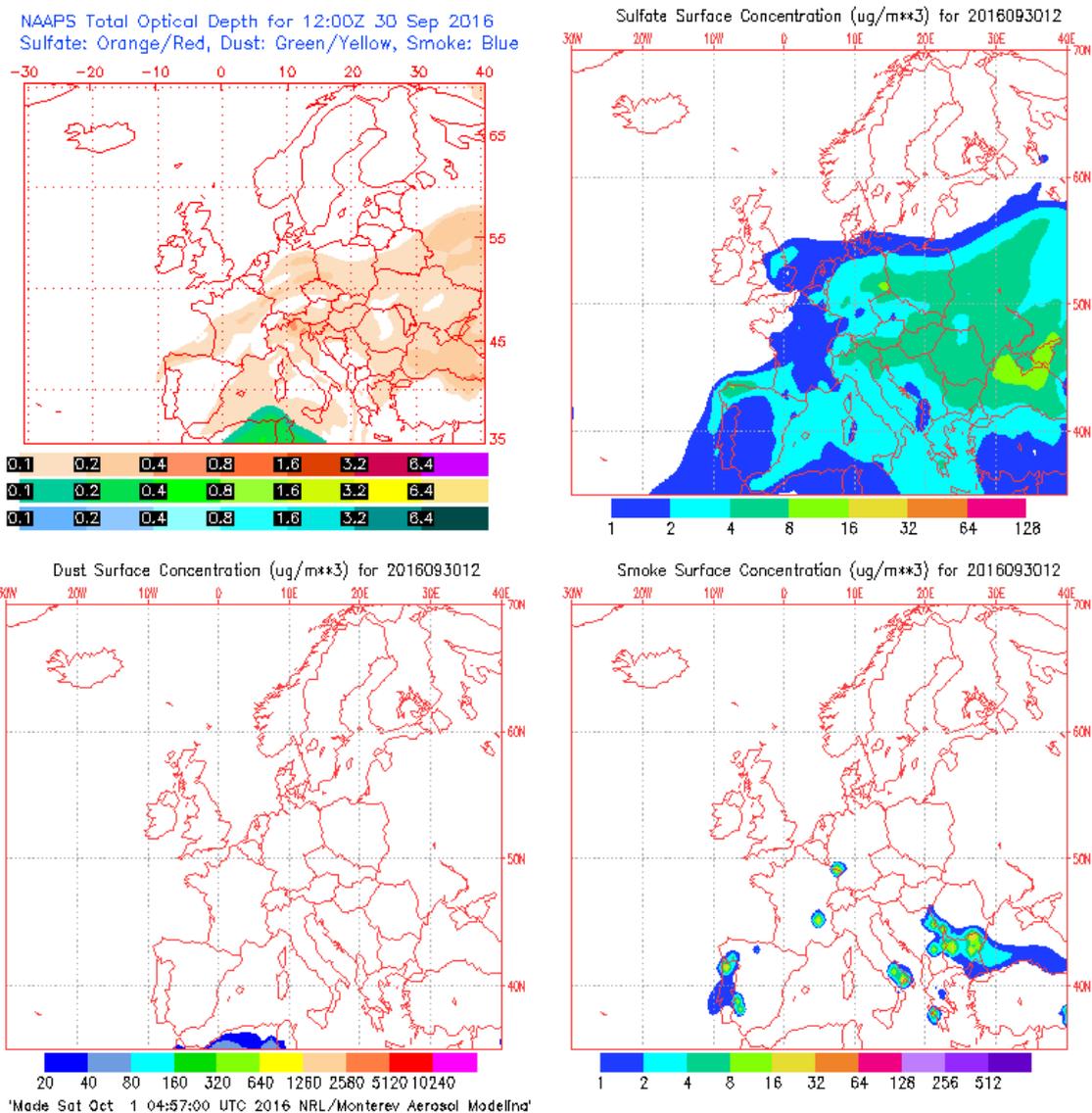


30 DE SEPTIEMBRE DE 2016

La concentración de PM₁₀ fue de 58 µg/m³ con el analizador automático. Este día se registraron máximas horarias de altura de la ola de 2.23 m en Estaca de Bares y de 1.83 m en Punta Langosteira. Este valor no llega al umbral de aviso nivel amarillo. La altura media de las ola fue de 1.88 m y 1.52 respectivamente. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 33.2 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 11.09 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 62.5%.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 117 muestra concentraciones desde bajas a medias de sulfato en superficie, entre 1-16 µg/m³. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de polvo sahariano.

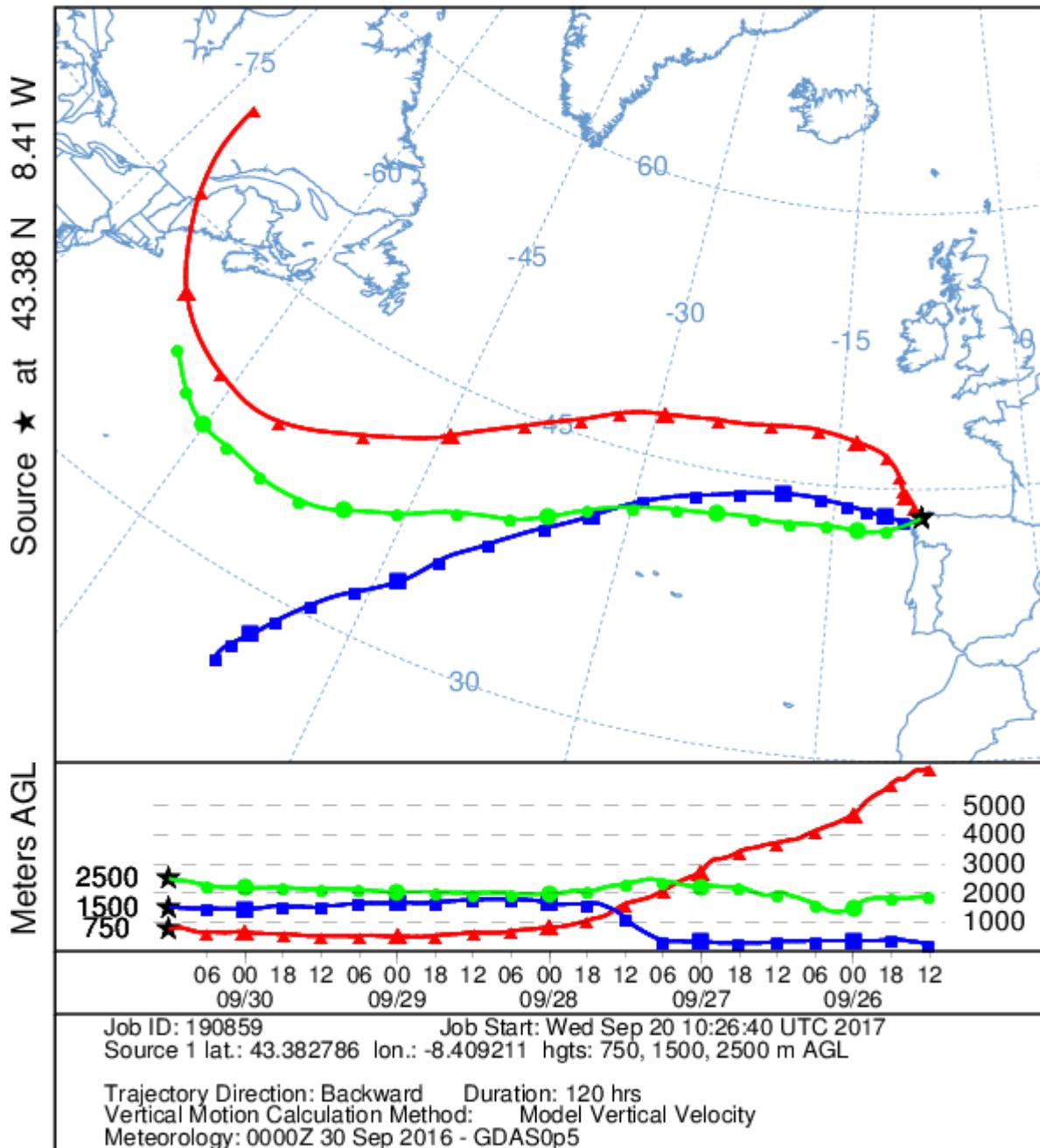


Gráfica 117. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 30/09/2016



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 118 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, del noreste del continente americano.

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1200 UTC 30 Sep 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 118. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 30/09/2016

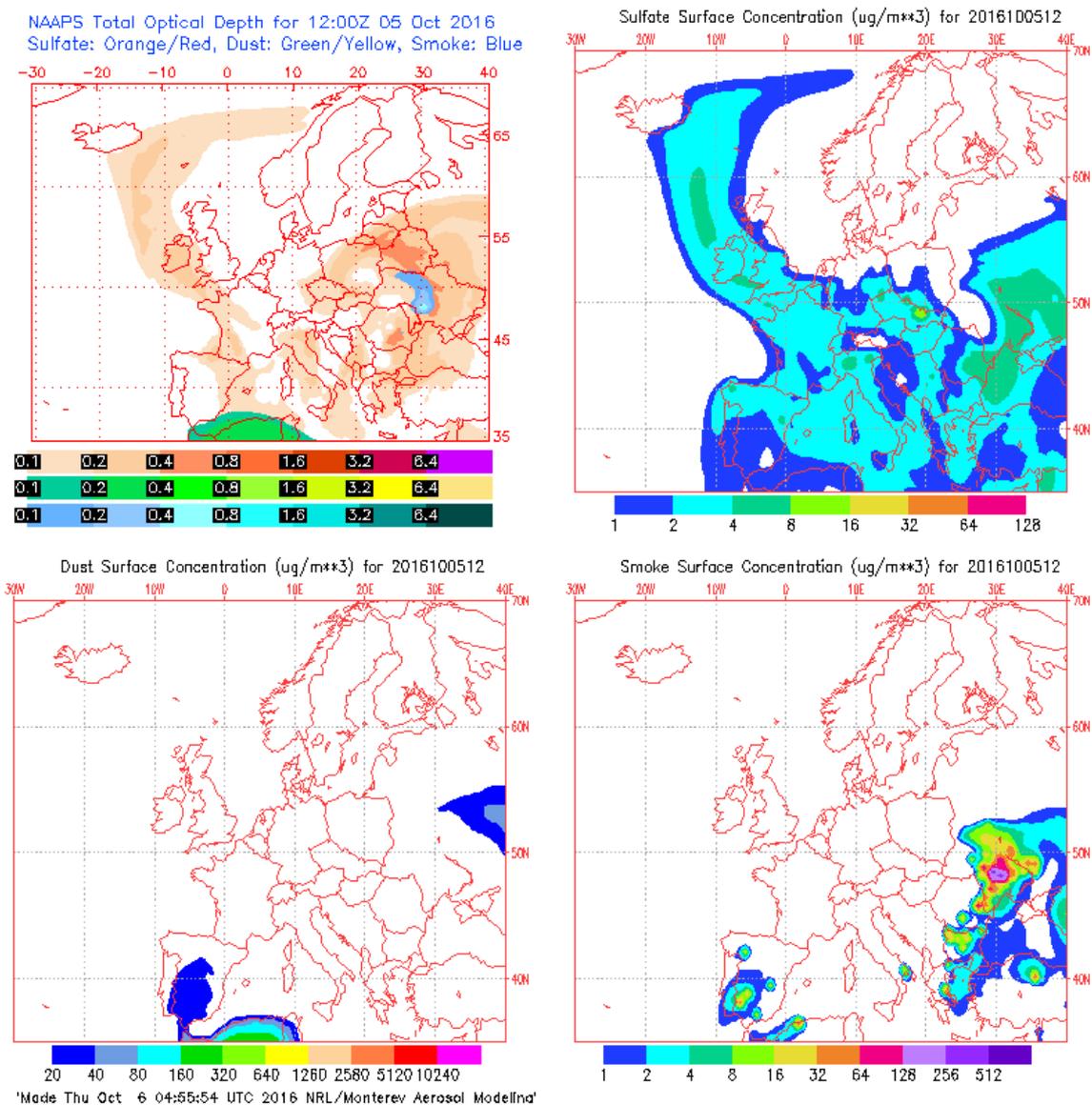


5 DE OCTUBRE DE 2016

Se obtuvo una concentración medida diaria de PM₁₀ de 60 µg/m³ con el analizador automático. Se registraron máximas horarias de altura de la ola 3.51 m en Punta Langosteira y 2.93 m en Estaca de Bares. Este valor no llega al umbral de aviso nivel amarillo. La altura media de las ola fue de 2.58 m y 2.65 m respectivamente. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 26.5 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 11.78 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 64.2%.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 119 muestra concentraciones bajas de sulfato en superficie, entre 2-4 µg/m³. También se han identificado episodios de quema de biomasa pero no de polvo sahariano.

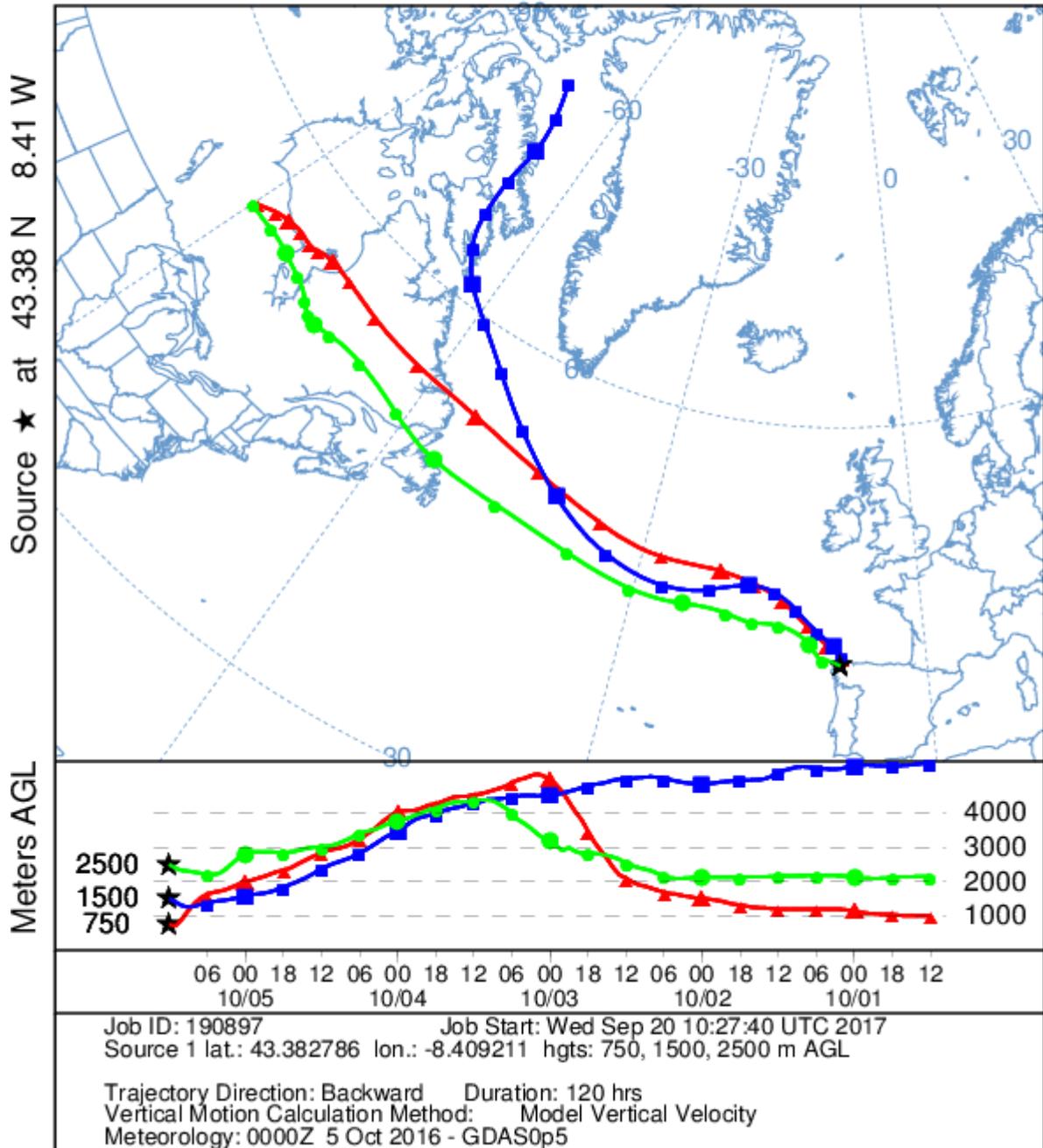


Gráfica 119. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 05/10/2016



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 120 muestra que las masas de aire proceden del ártico y del norte de Canadá.

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1200 UTC 05 Oct 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 120. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 05/10/2016

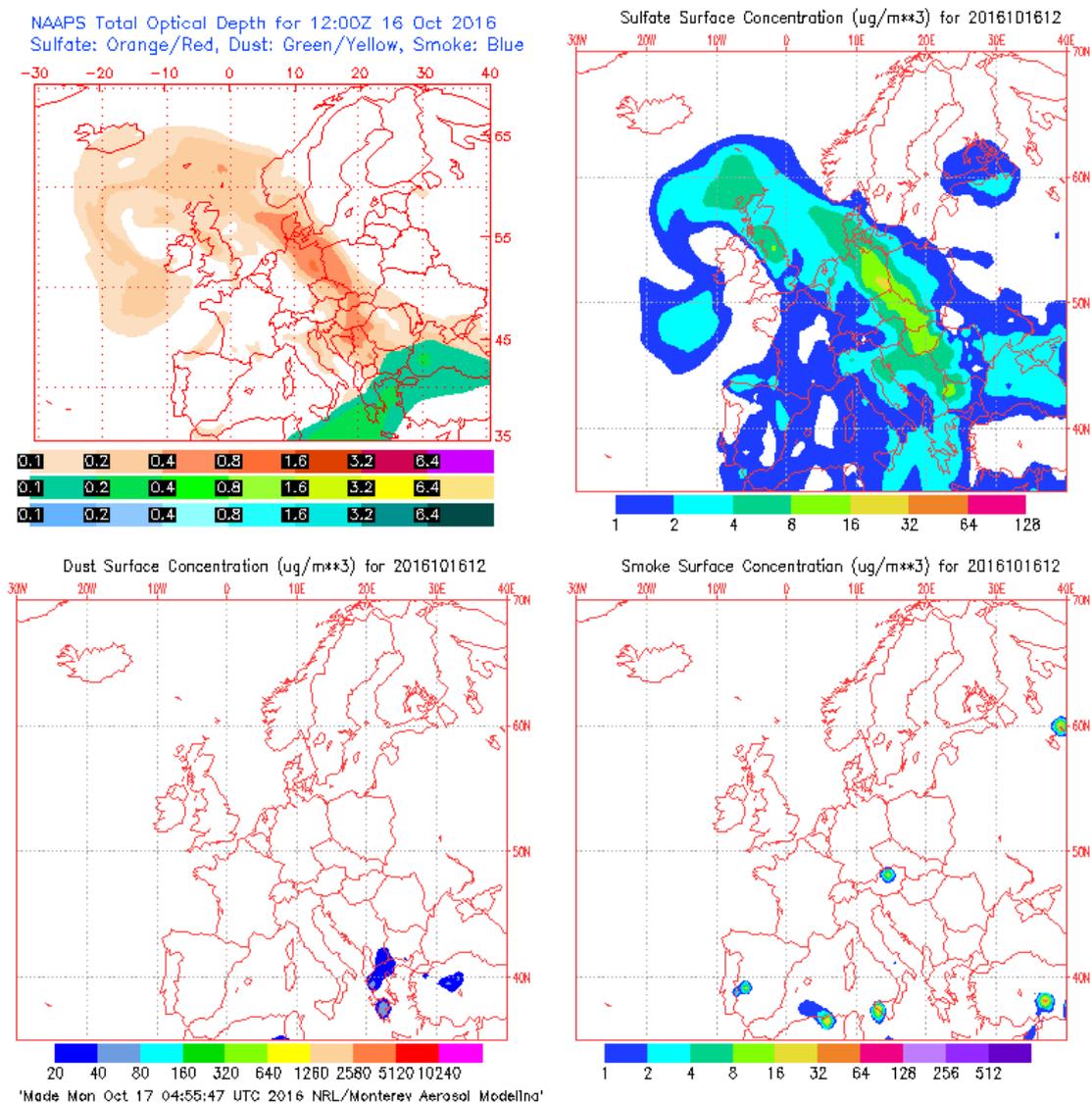


16 DE OCTUBRE DE 2016

El analizador automático registró una concentración media diaria de PM₁₀ de 67 µg/m³. Se obtuvieron máximas horarias de altura de las olas de 3.61 y 3.75 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 2.80 y 2.95 m. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 38.8 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado a fuerte.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 10.86 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 53.0%.

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 intrusiones de polvo sahariano.

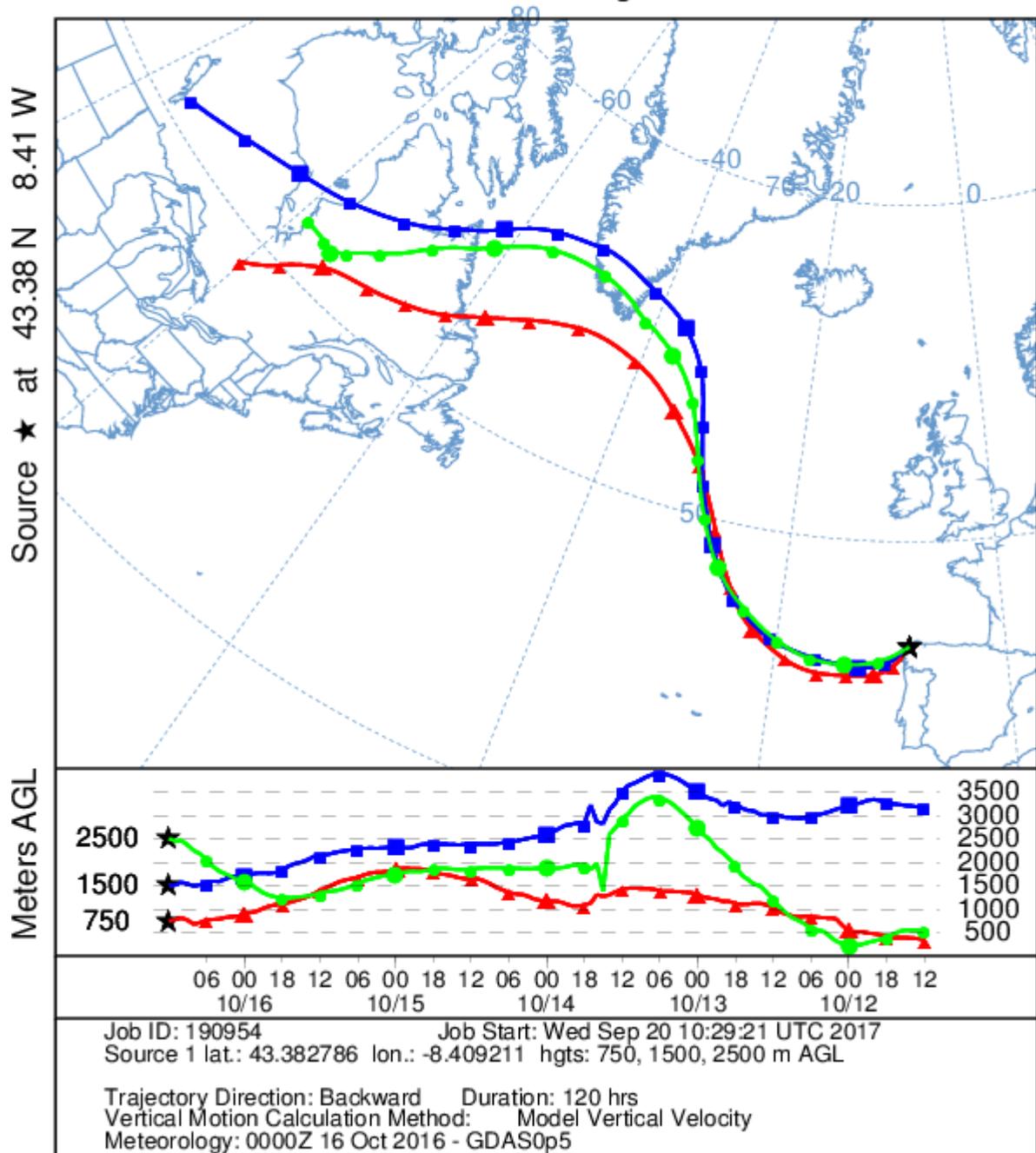


Gráfica 121. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 16/10/2016



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 122 muestra que las masas de aire proceden del norte del continente americano.

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1200 UTC 16 Oct 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 122. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOAA para el 16/10/2016.

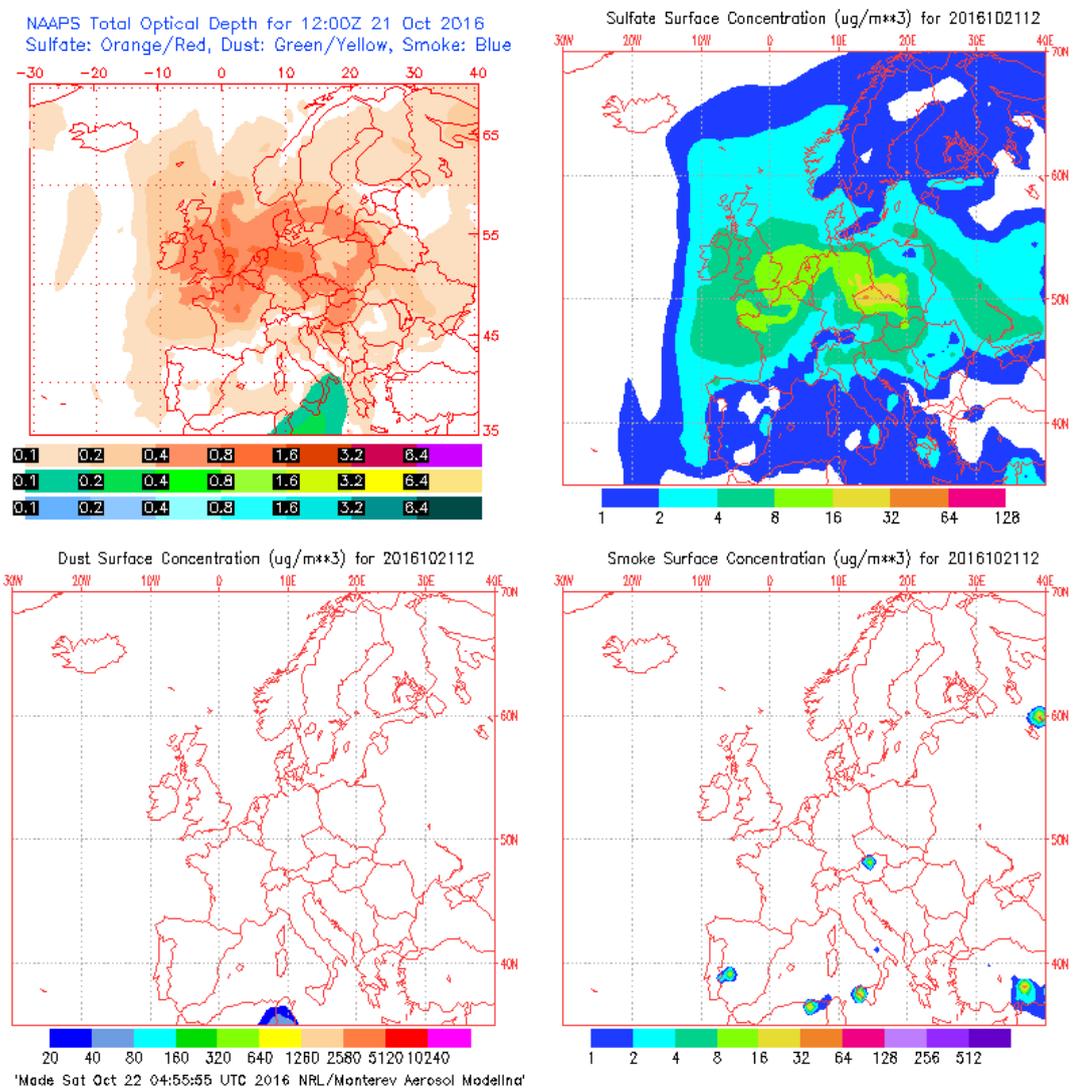


21 DE OCTUBRE DE 2016

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 2.29 m en Estaca de Bares y de 3.87 m en Punta Langosteira. Estos valores no llegan al umbral de aviso nivel amarillo. La altura media de la ola fue de 3.10 y 1.63 m respectivamente. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 17.6 km/h, lo cual se corresponde con un viento débil.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 7.74 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 48.7%.

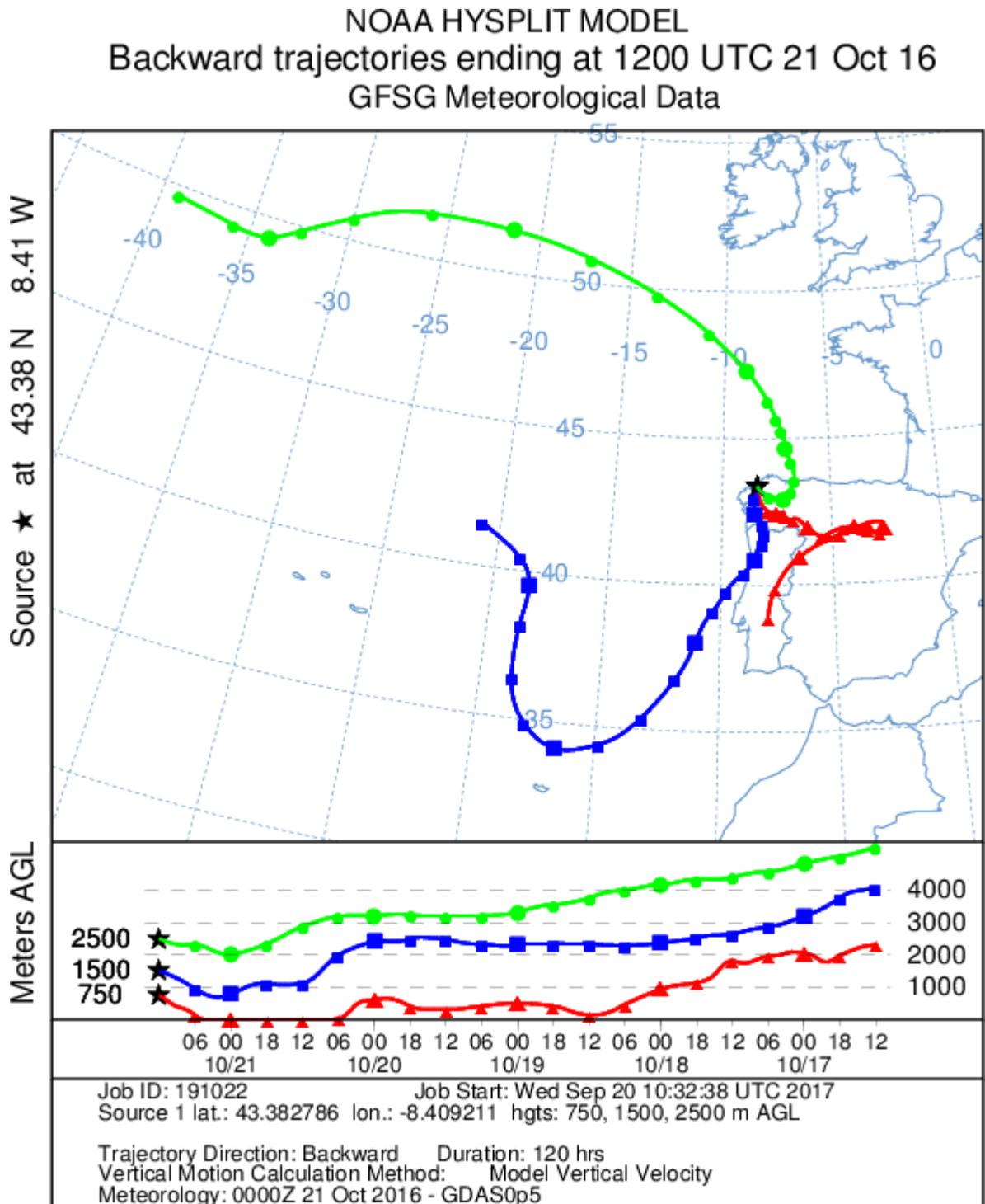
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 123 muestra concentraciones bajas de sulfato en superficie, entre 1-4 µg/m³. No se han identificado episodios de intrusiones de polvo sahariano pero sí de quema de biomasa.



Gráfica 123. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 21/10/2016



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 124 muestra que las masas provienen de diferentes zonas dependiendo de la altitud. A los 750 m proceden de la mitad sur de Portugal, mientras que a 1500 y 2500 m proceden de zonas limpias del Océano Atlántico.



Gráfica 124. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOAA para el 21/10/2016

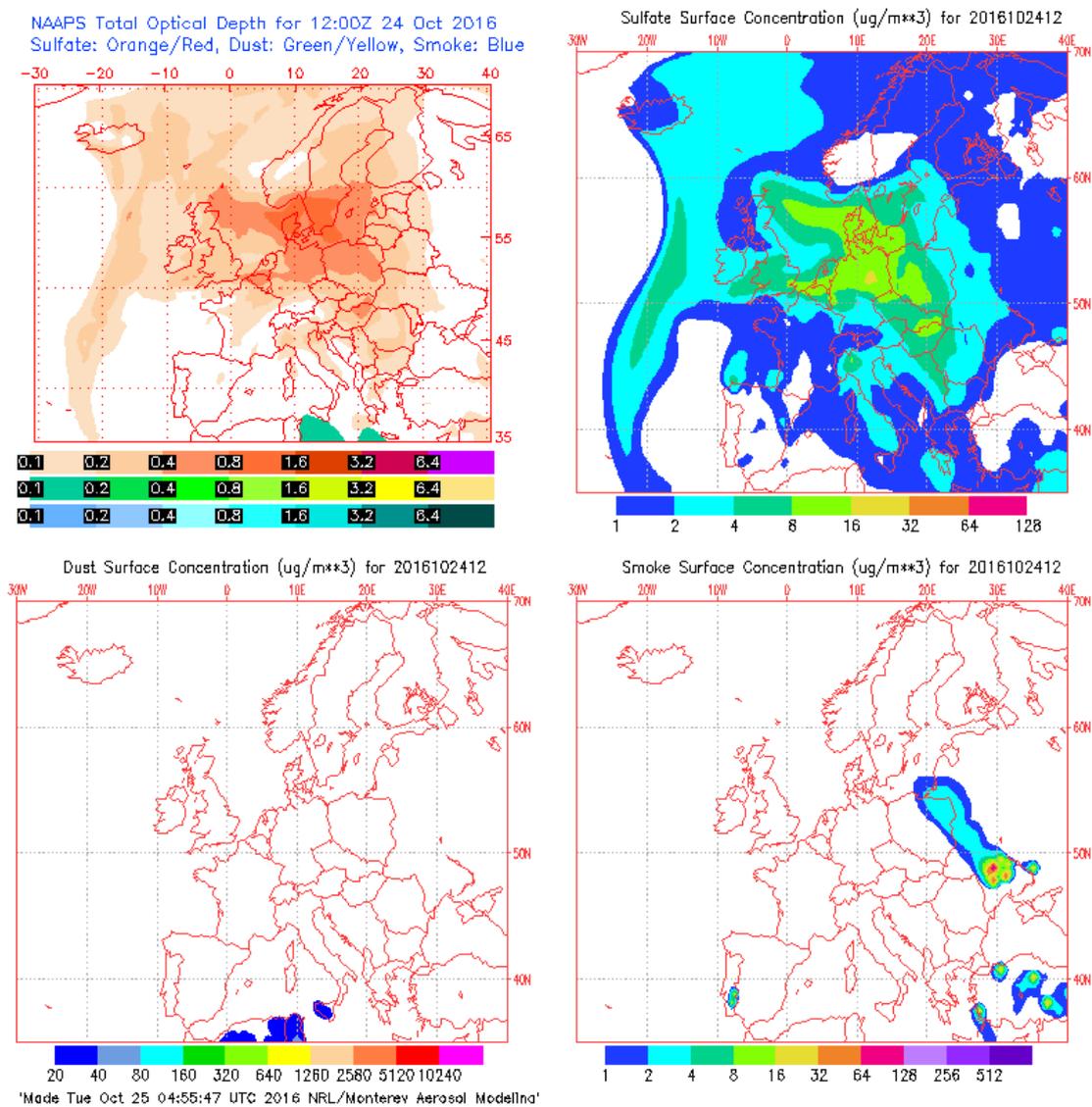


24 DE OCTUBRE DE 2016

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 4.10 m en Estaca de Bares y de 3.97 m en Punta Langosteira. Este valor corresponde con un aviso nivel amarillo. La altura media de la ola fue de 3.23 y 3.16 m respetivamente. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 33.9 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 8.88 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 53.8%.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 125 muestra concentraciones bajas de sulfato en superficie, 1-6 µg/m³. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.

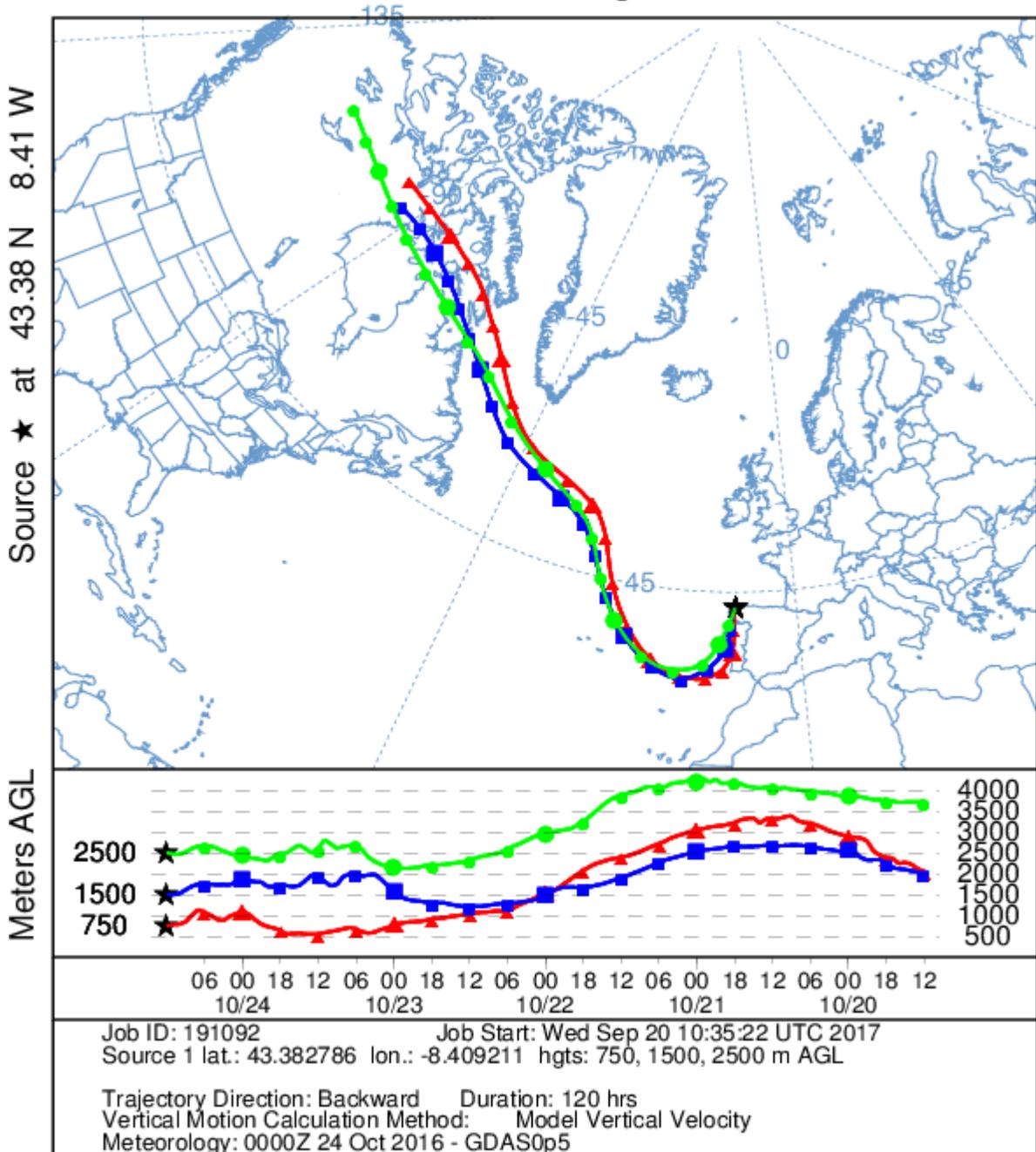


Gráfica 125. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 24/10/2016



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 126 muestra que las masas provienen de Canadá.

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1200 UTC 24 Oct 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 126. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 24/10/2016

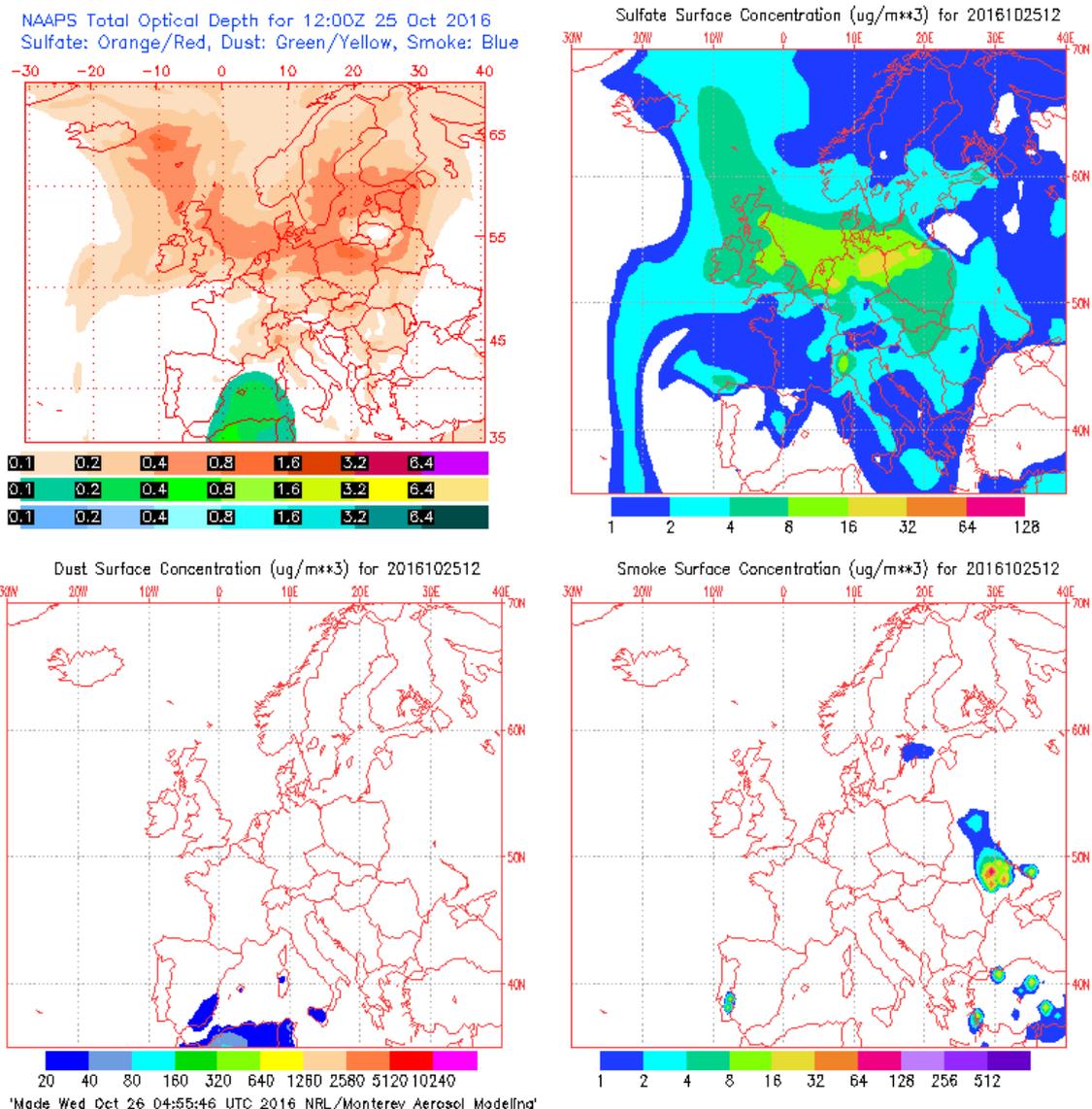


25 DE OCTUBRE DE 2016

El analizador automático obtuvo una concentración media diaria de PM₁₀ de 56 µg/m³. Se obtuvieron máximas horarias de altura de la ola de 2.7 m en Estaca de Bares y 2.6 m en Punta Langosteira. Estos valores no llegan al umbral de aviso nivel amarillo. La altura media de la ola fue de 2.13 m y 2.12 respectivamente. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 24.3 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 8.39 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 49.0%.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 127 muestra concentraciones bajas de sulfato en superficie, entre 1-6 µg/m³. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.

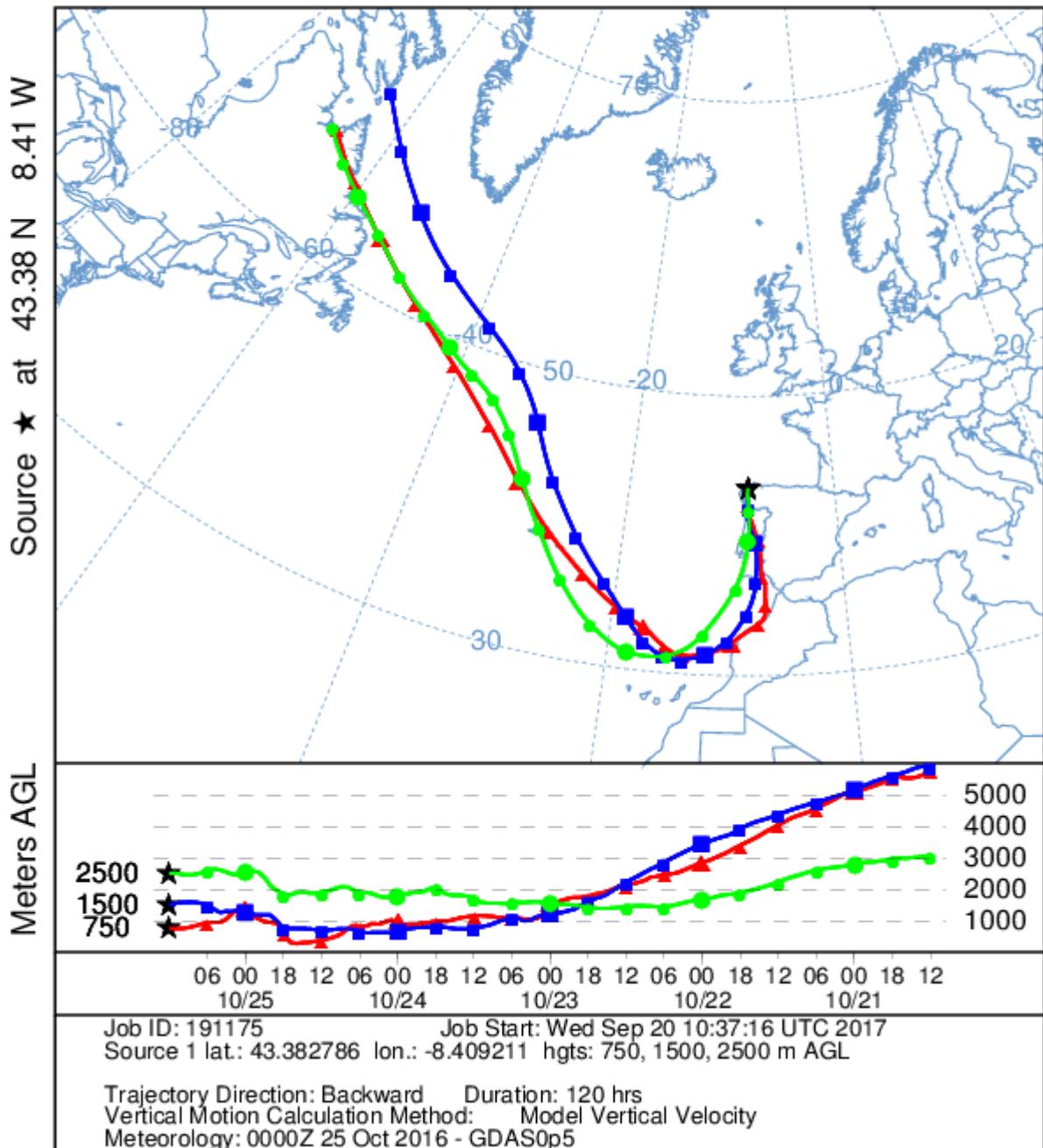


Gráfica 127. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 25/10/2016



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 128 muestra que las masas provienen del ártico.

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1200 UTC 25 Oct 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 128. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 25/10/2016

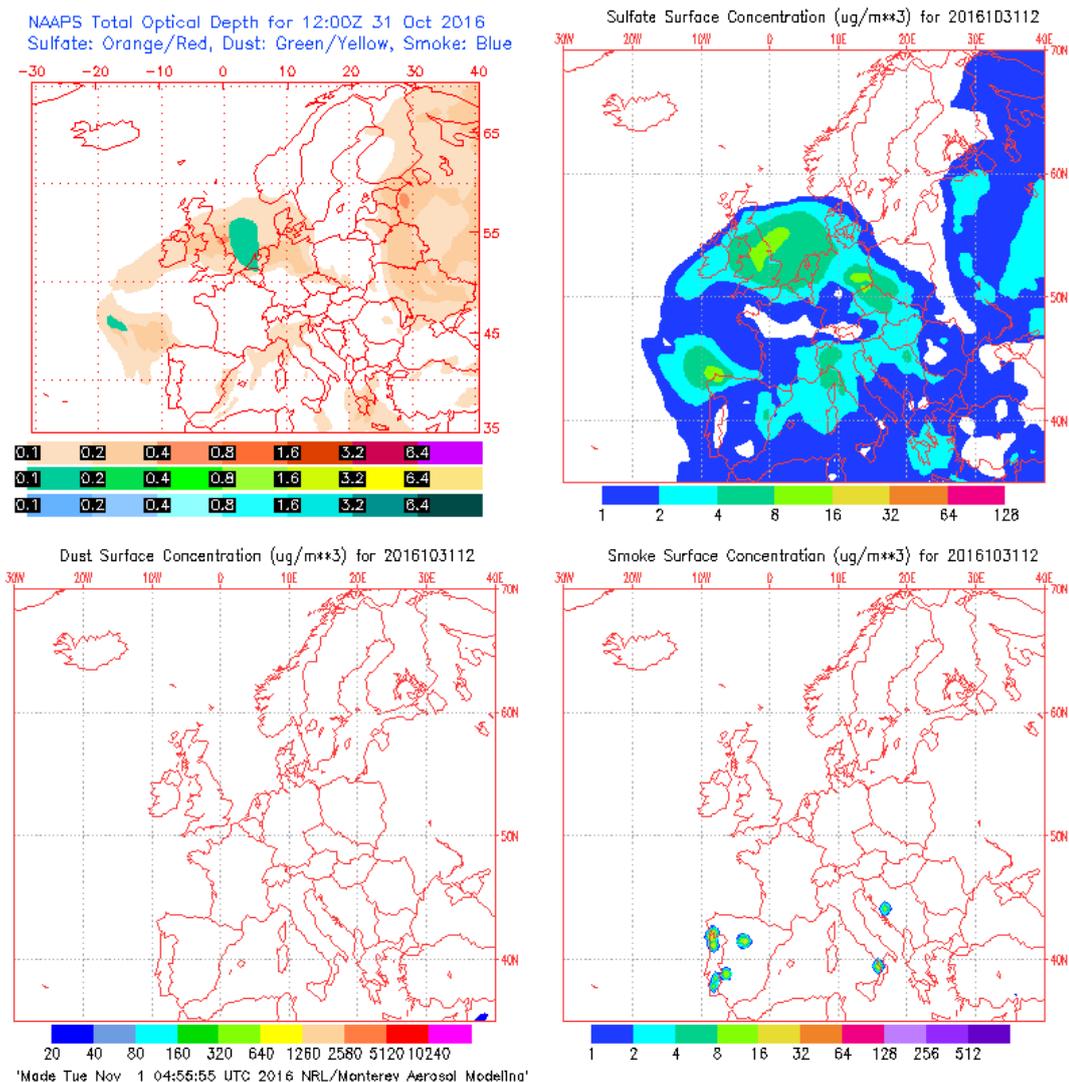


31 DE OCTUBRE DE 2016

La concentración media diaria de PM₁₀ fue de 60 µg/m³ con el analizador automático, por lo que se registraron superaciones del VLD. Este día se registraron máximas horarias de altura de las olas de 1.51 m y 2.11 m en las boyas de Punta Langosteira y Estaca de Bares. Estos valores no llegan al umbral de aviso nivel amarillo. La altura media de las olas fue de 1.27 y 1.89 m, respectivamente. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 20.8 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 6.76 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 36.8%.

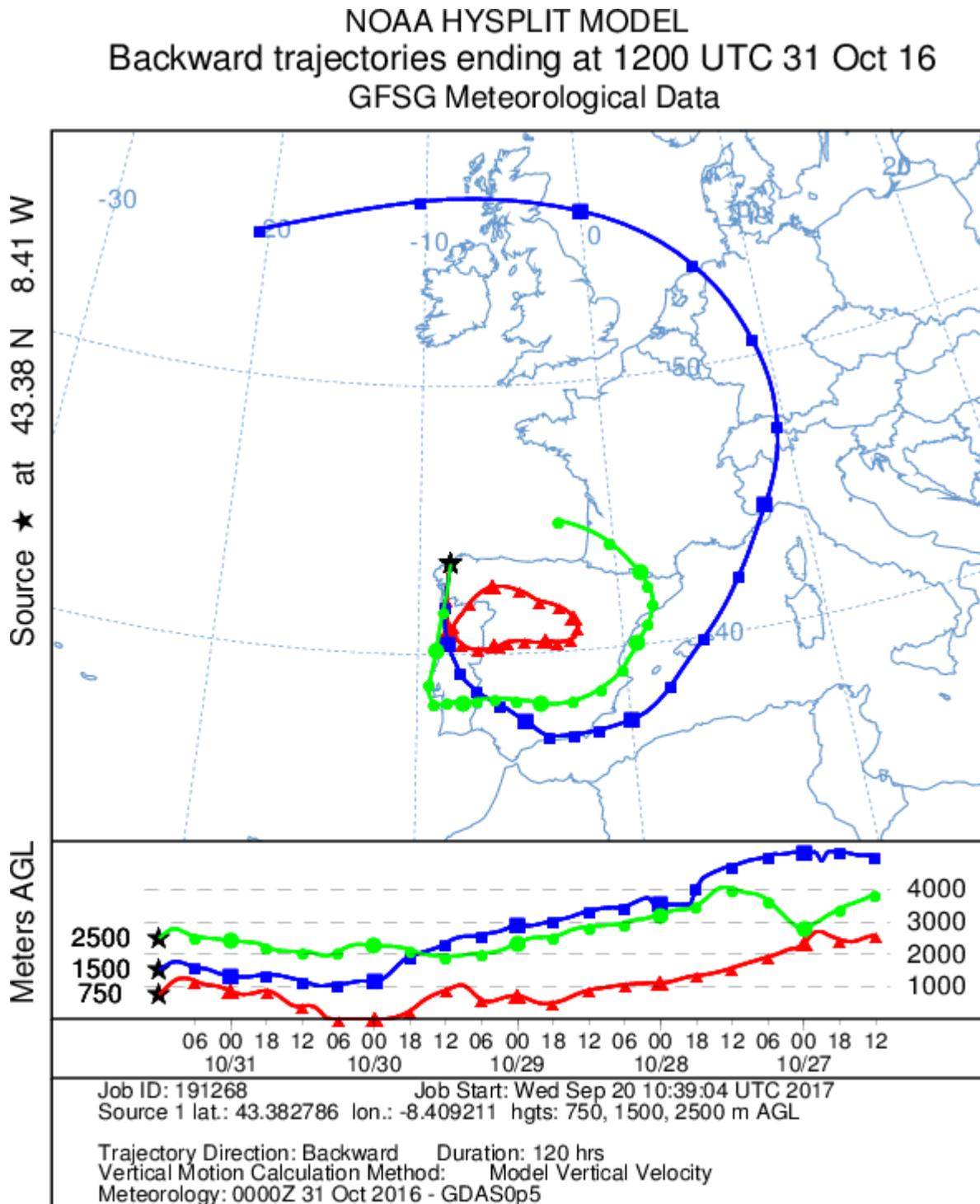
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 129 muestra bajas y medias concentraciones de sulfato en superficie, entre 1-16 µg/m³. También se han identificado episodios de quema de biomasa y de intrusiones de polvo sahariano. Para esta fecha el CIEMAT identifica un aporte de polvo sahariano cuantificado en 12 µg/m³, los cuales también hay que restar a la concentración de PM₁₀.



Gráfica 129. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 31/10/2016



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 130 muestra que las masas de aire proceden de distintos orígenes dependiendo de la altitud: a 750 m, de Portugal, a 1500 m, del Océano Atlántico y a 2500 m, del Golfo de Vizcaya.



Gráfica 130. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 31/10/2016

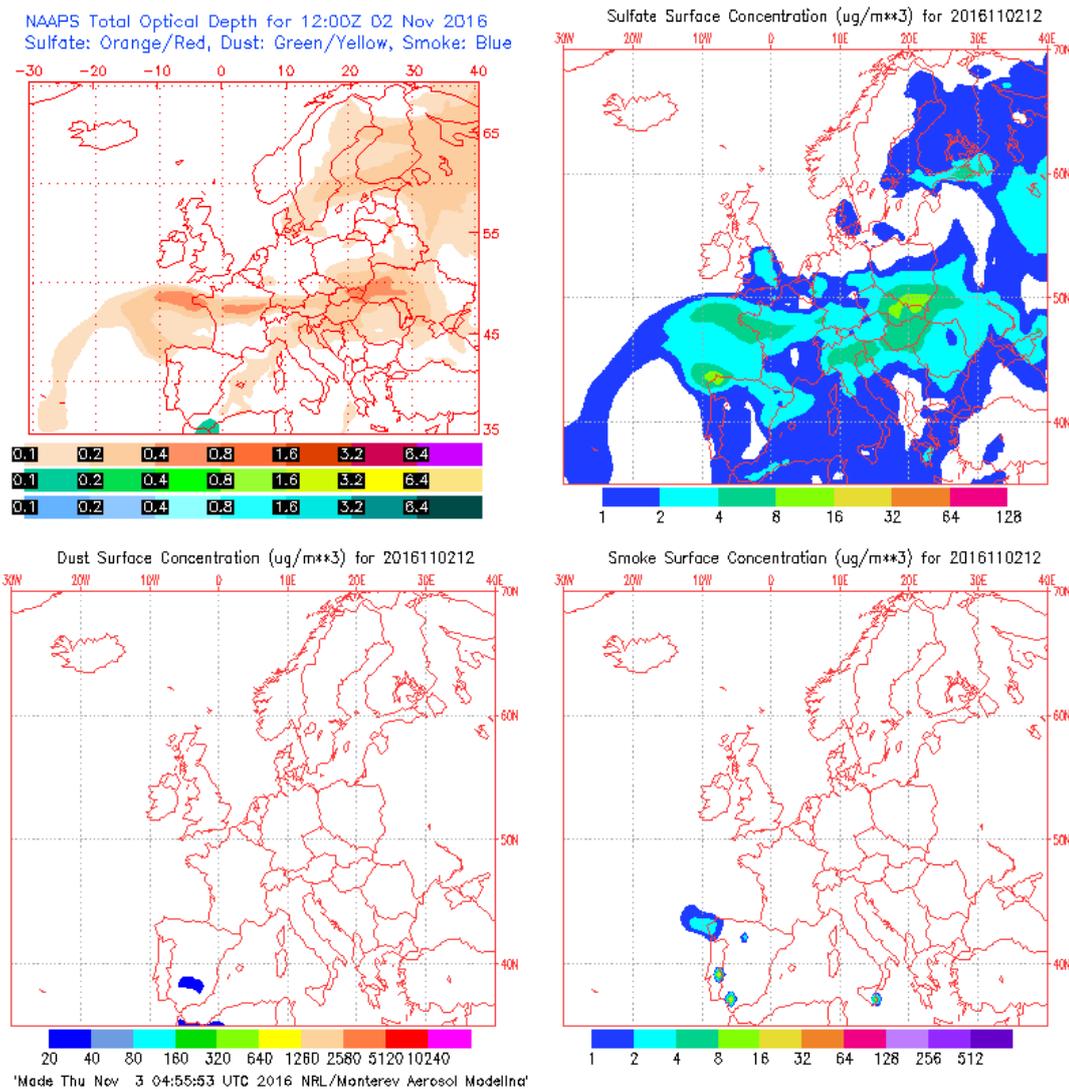


2 DE NOVIEMBRE DE 2016

La concentración media diaria de PM₁₀ fue de 56 µg/m³ con el analizador automático, así que el analizador registró una superación del VLD. Este día se registraron máximas horarias de altura de las olas de 1.54 m y 1.52 m en las boyas de Punta Langosteira y Estaca de Bares, lo cual no reporta un aviso de nivel amarillo. La altura media de las olas fue de 1.29 y 1.26 m, respectivamente. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 20.4 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 4.64 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 27.1%.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 131 muestra bajas y medias concentraciones de sulfato en superficie, entre 1-16 µg/m³. No se han identificado episodios de quema de biomasa pero sí intrusiones de polvo sahariano. Para esta fecha el CIEMAT identifica un aporte de polvo sahariano cuantificado en 13 µg/m³, los cuales también hay que restar a la concentración de PM₁₀.

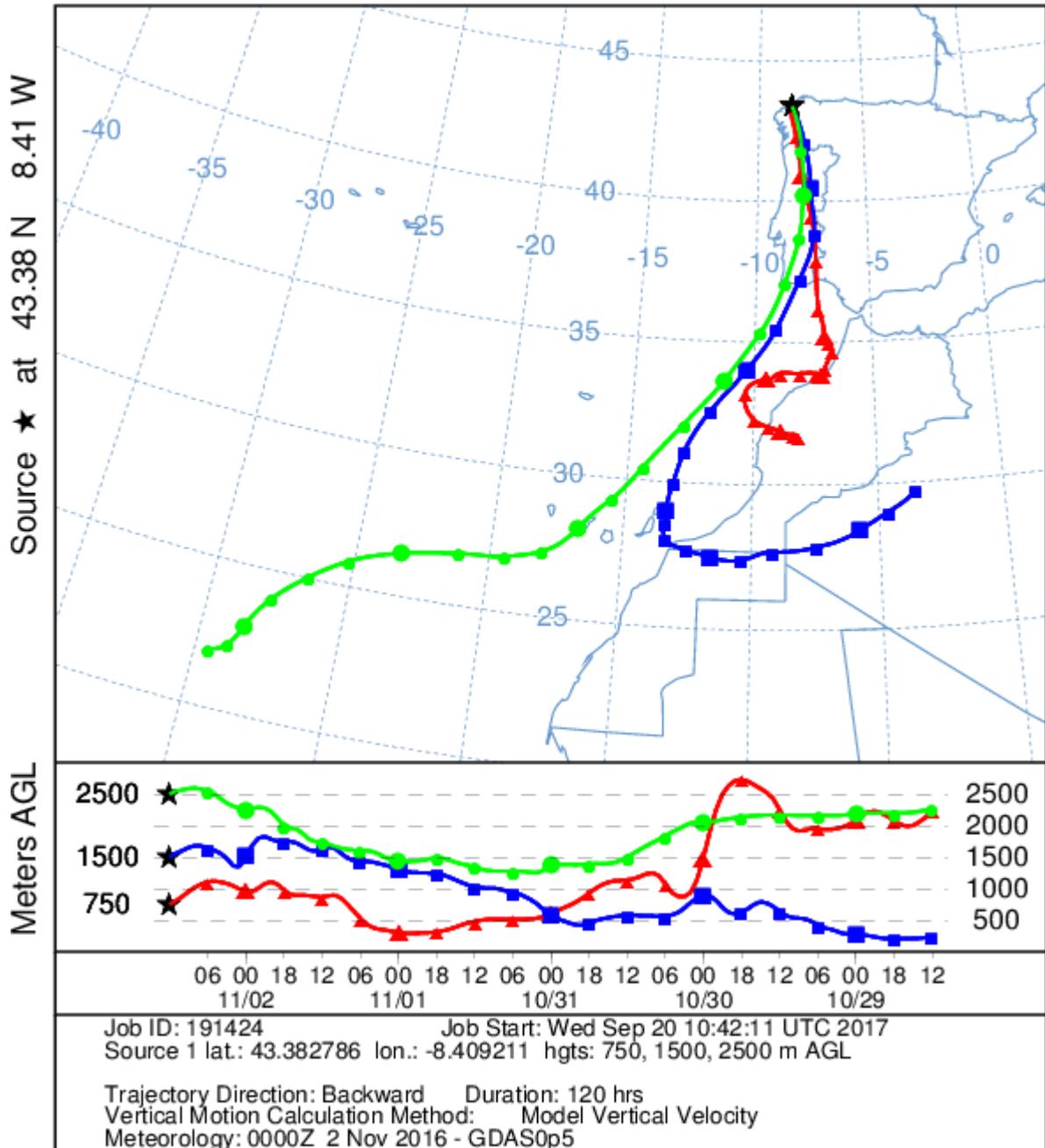


Gráfica 131. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 02/11/2016



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 132 muestra que las masas de aire proceden del transporte a largas distancias desde el Atlántico y desde el norte del continente africano.

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1200 UTC 02 Nov 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 132. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOAA para el 02/11/2016

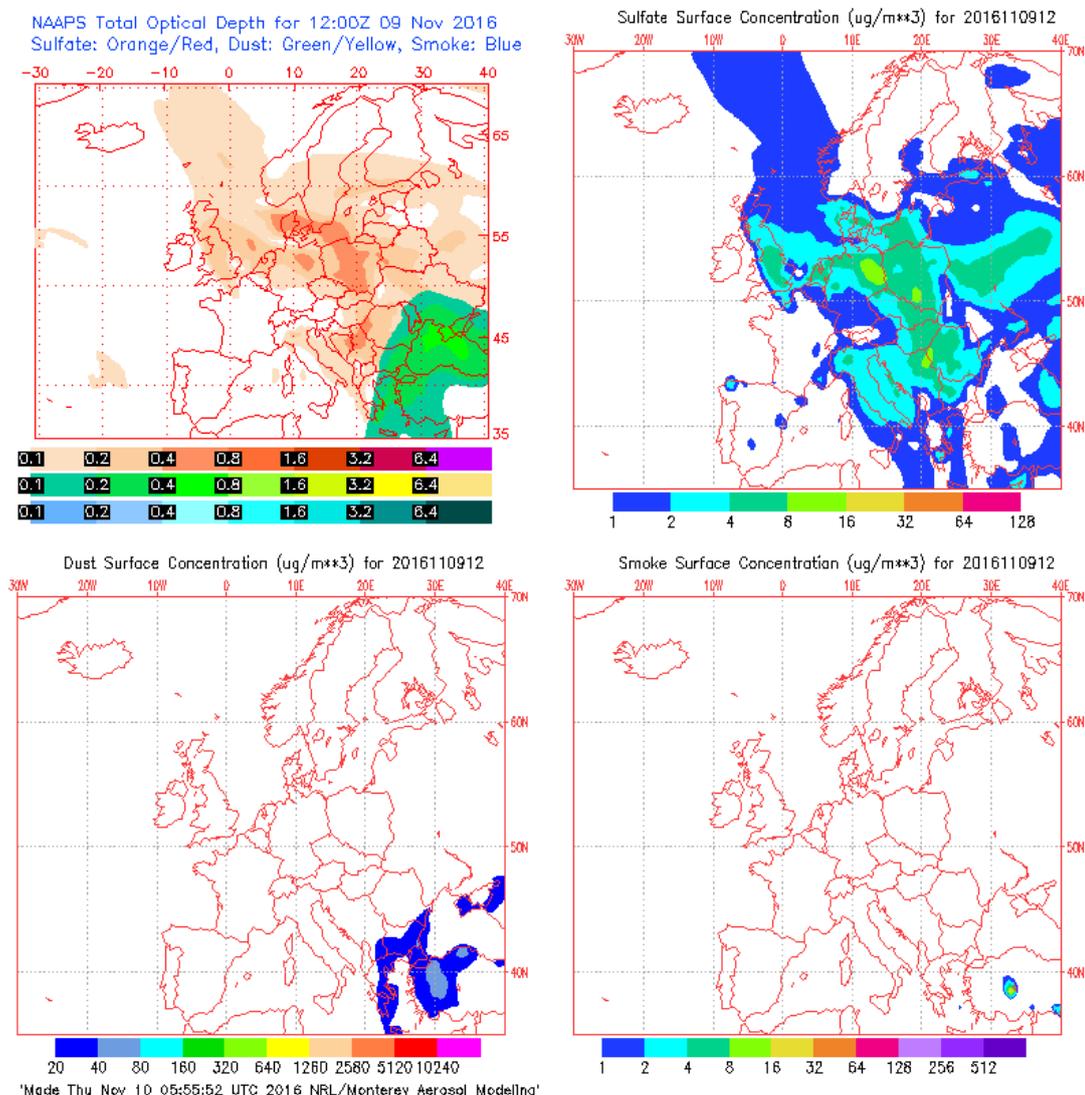


9 DE NOVIEMBRE DE 2016

La concentración media diaria de PM₁₀ fue de 58 µg/m³ con el analizador automático, por lo que registraría superación del VLD. Hay que resaltar que la diferencia entre ambos resultados es importante. Este día se registraron máximas horarias de altura de las olas de 3.07 m y 3.75 m en las boyas de Punta Langosteira y Estaca de Bares, lo cual no reporta un aviso. La altura media de las olas fue de 2.56 y 3.43 m, respectivamente. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 49.8 km/h, lo cual se corresponde con un viento fuerte.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 11.02 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%.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 133 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.

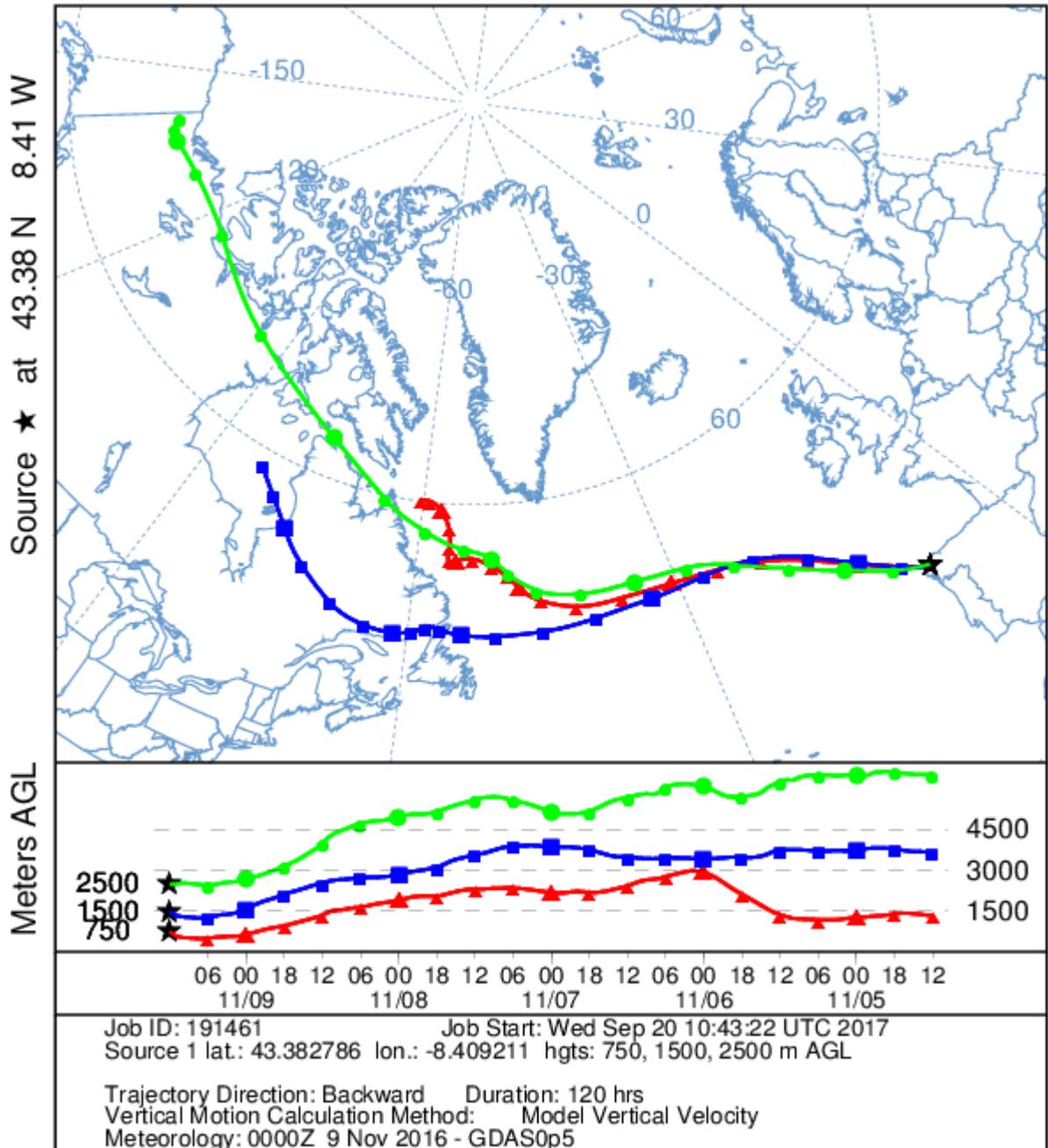


Gráfica 133. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 09/11/2016



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 134 muestra que las masas de aire proceden de Canadá y del norte del continente americano.

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1200 UTC 09 Nov 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 134. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 09/11/2016

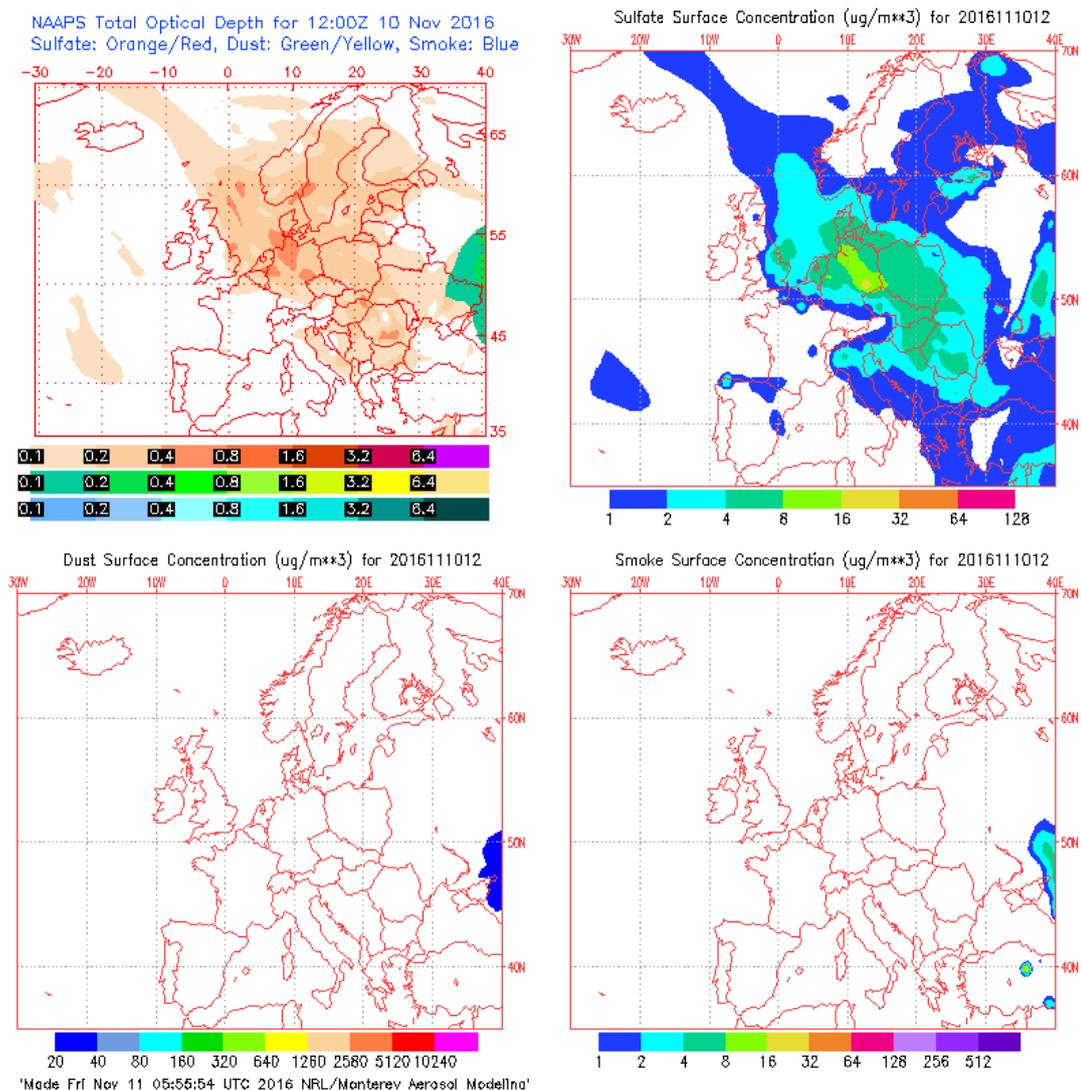


10 DE NOVIEMBRE DE 2016

La concentración media diaria de PM₁₀ fue de 58 µg/m³ con el analizador automático, por lo que se registró superación del VLD. Este día se registraron máximas horarias de altura de las olas de 3.38 m y 3.63 m en las boyas de Punta Langosteira y Estaca de Bares, lo cual no reporta un aviso. La altura media de las olas fue de 2.85 y 3.12 m, respectivamente. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 25.7 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 9.62 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 54.2%.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 135 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.

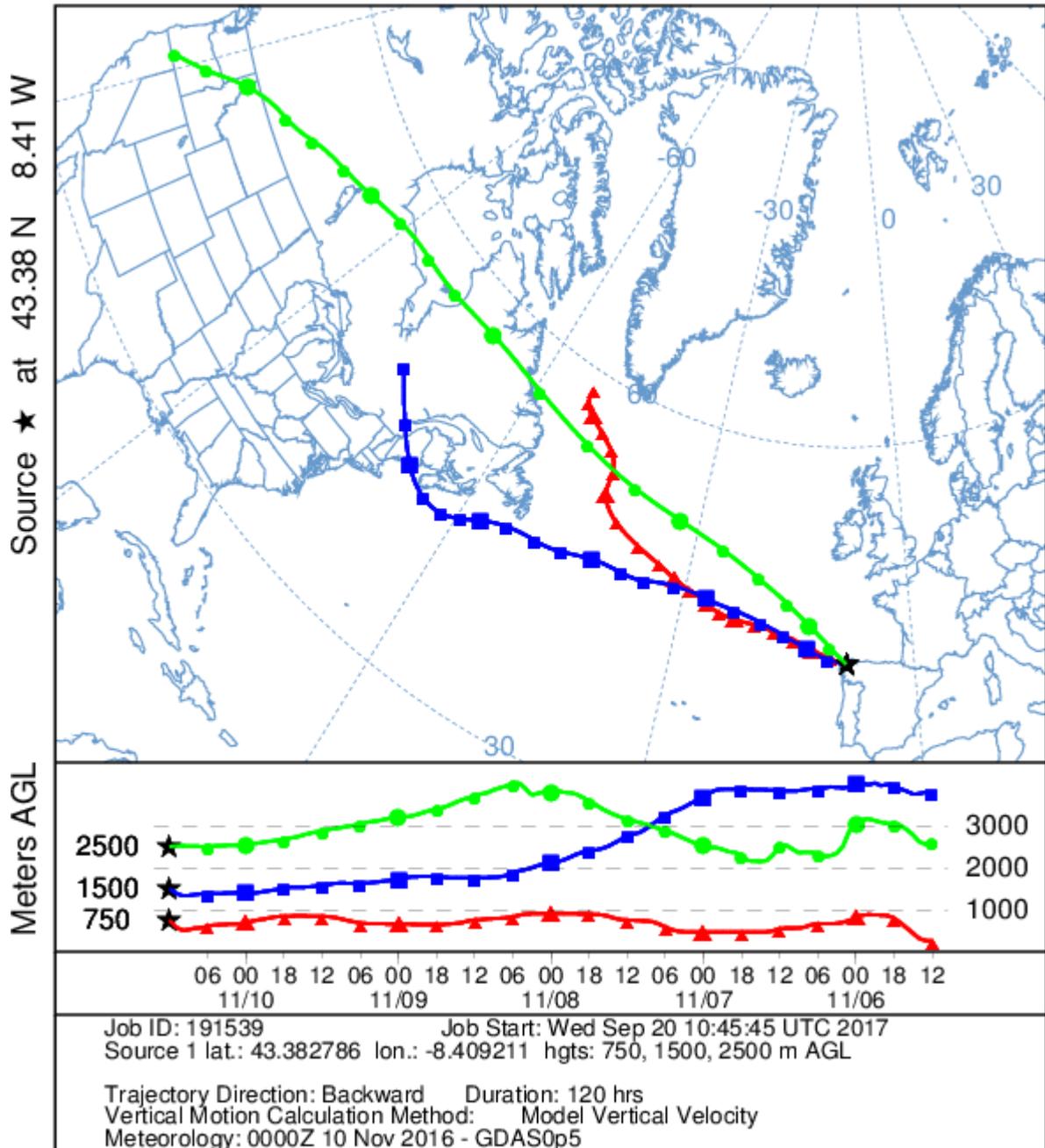


Gráfica 135. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 10/11/2016



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 136 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.

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1200 UTC 10 Nov 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 136. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 10/11/2016

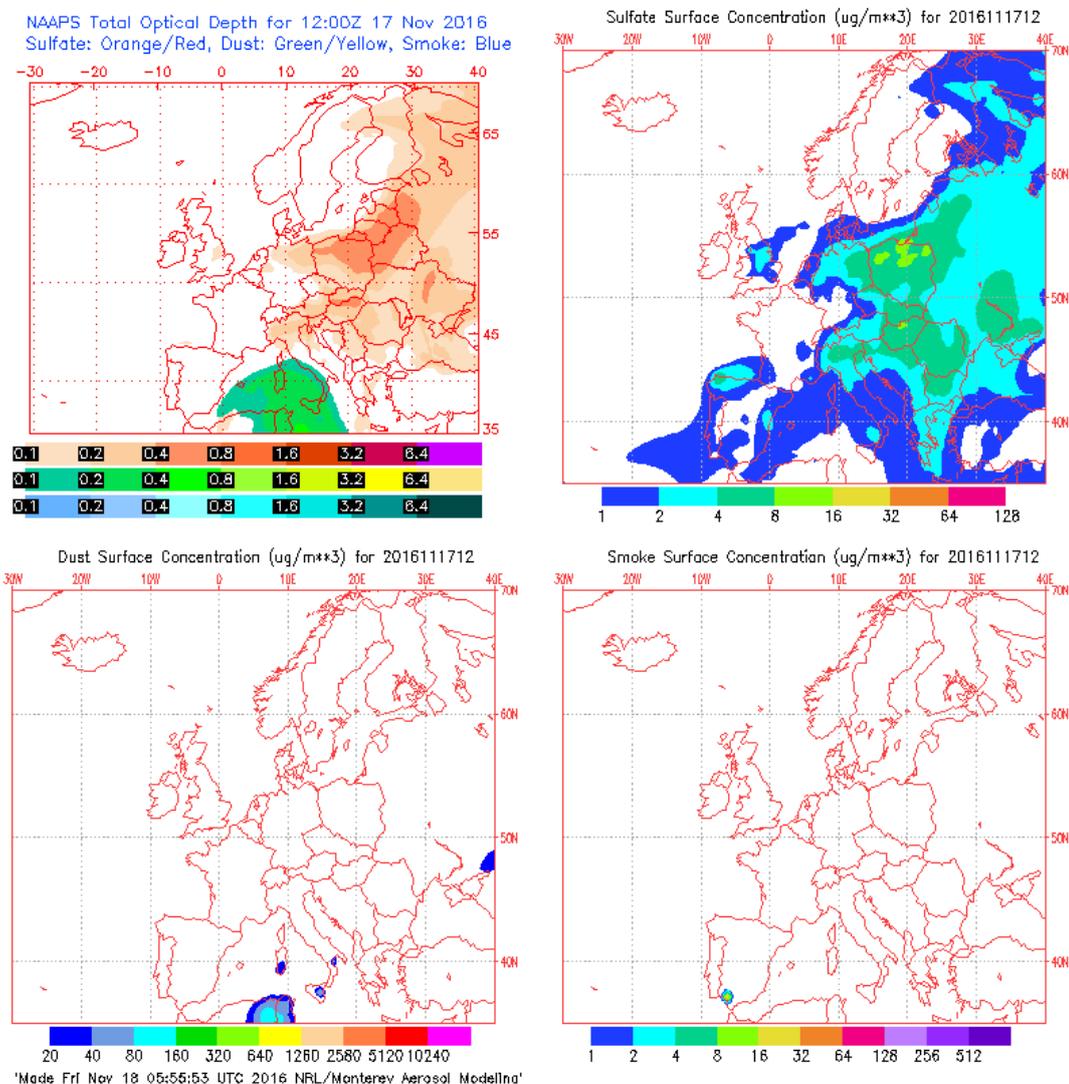


17 DE NOVIEMBRE DE 2016

La concentración media diaria de PM₁₀ fue de 51 µg/m³ con el analizador automático, por lo que se registró superación del VLD. Se registraron máximas horarias de altura de las olas de 4.71 m en Punta Langosteira y 4.22 en la de Estaca de Bares, lo cual se corresponde con aviso de nivel amarillo. La altura media de las olas fue de 2.38 y 2.64 m, respectivamente. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 33.2 km/h, que se corresponde con un viento moderado.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 4.94 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 31.7%.

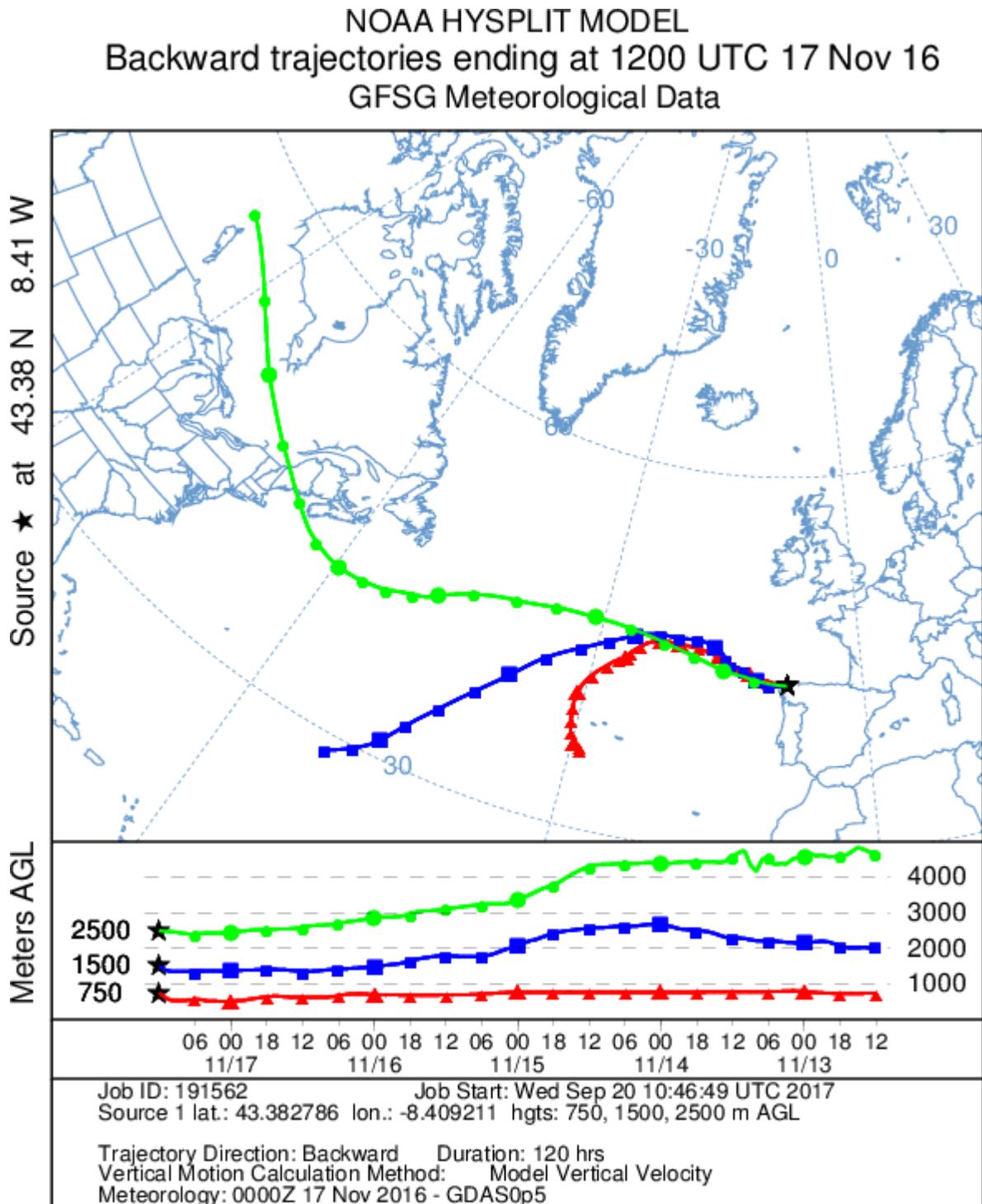
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 137 muestra bajas concentraciones de sulfato en superficie, entre 1-8 µg/m³. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 137. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 17/11/2016



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 138 muestra que las masas de aire proceden del norte del continente americano (2500 m) y de zonas limpias como el Océano Atlántico (750 y 1500 m).



Gráfica 138. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de air proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 17/11/2016

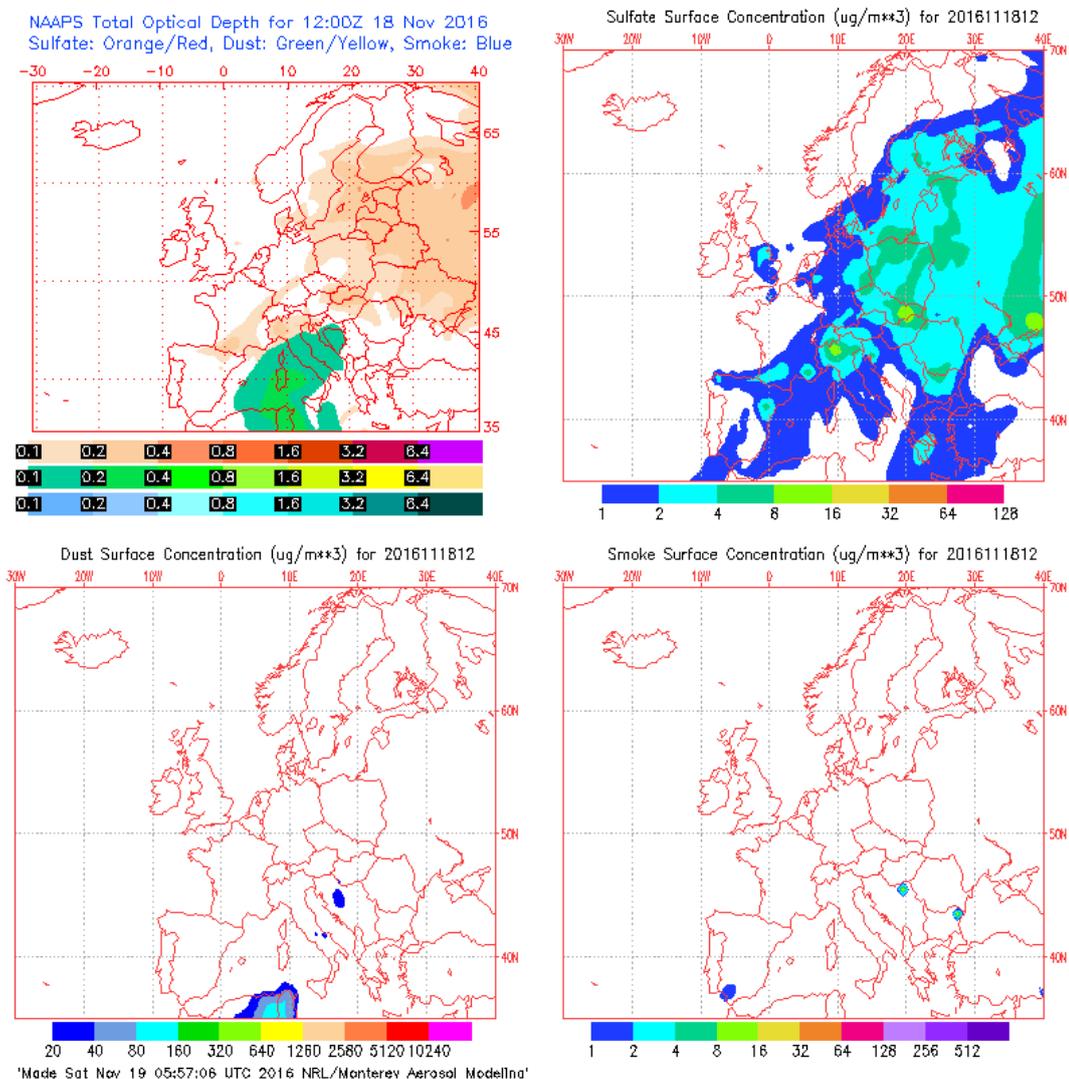


18 DE NOVIEMBRE DE 2016

La concentración media diaria de PM₁₀ fue de 94 µg/m³ con el analizador automático, por lo que se registró superación del VLD. Este día se registraron máximas horarias de altura de las olas de 6.88 m y 7.15 m en las boyas de Punta Langosteira y Estaca de Bares, lo cual llega al umbral de aviso de nivel naranja. La altura media de las olas fue de 5.31 y 5.88 m, respectivamente. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 43.1 km/h, lo cual se corresponde con un viento de moderado a fuerte.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 9.93 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 34.5%.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 139 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.

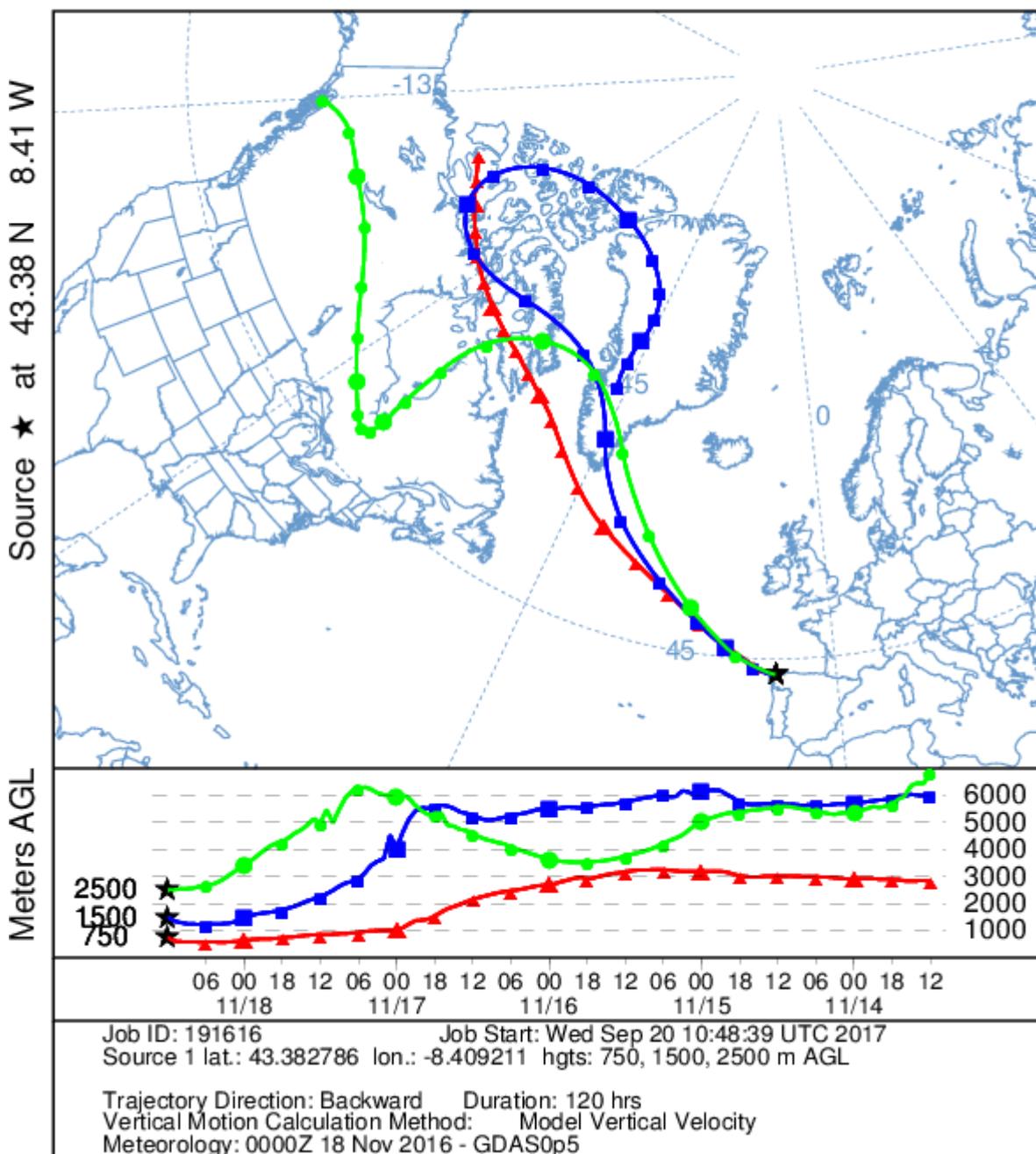


Gráfica 139. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 18/11/2016



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 140 muestra que las masas de aire proceden de Alaska y del Ártico.

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1200 UTC 18 Nov 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 140. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 18/11/2016

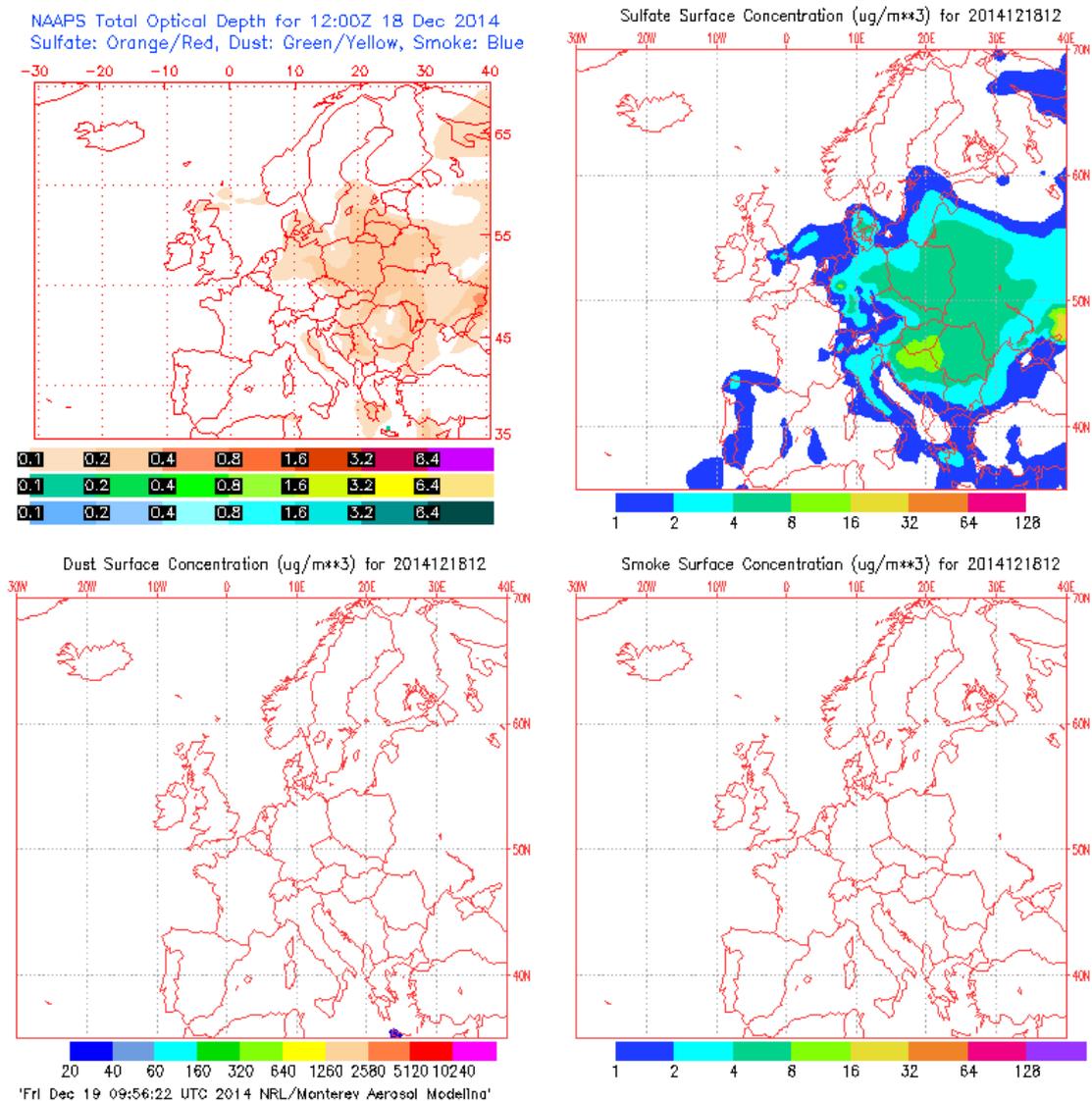


19 DE NOVIEMBRE DE 2016

La concentración de PM₁₀ fue de 61 µg/m³ con el analizador automático, por lo que se registró superación del VLD. Este día se registraron máximas horarias de altura de las olas de 6.01 m y 5.86 m en las boyas de Punta Langosteira y Estaca de Bares, lo cual llega al umbral de aviso de nivel naranja. La altura media de las olas fue de 4.44 y 5.19 m, respectivamente. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 100 km/h, lo cual se corresponde con un viento muy fuerte.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 10.2 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 54.7%.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 141 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.

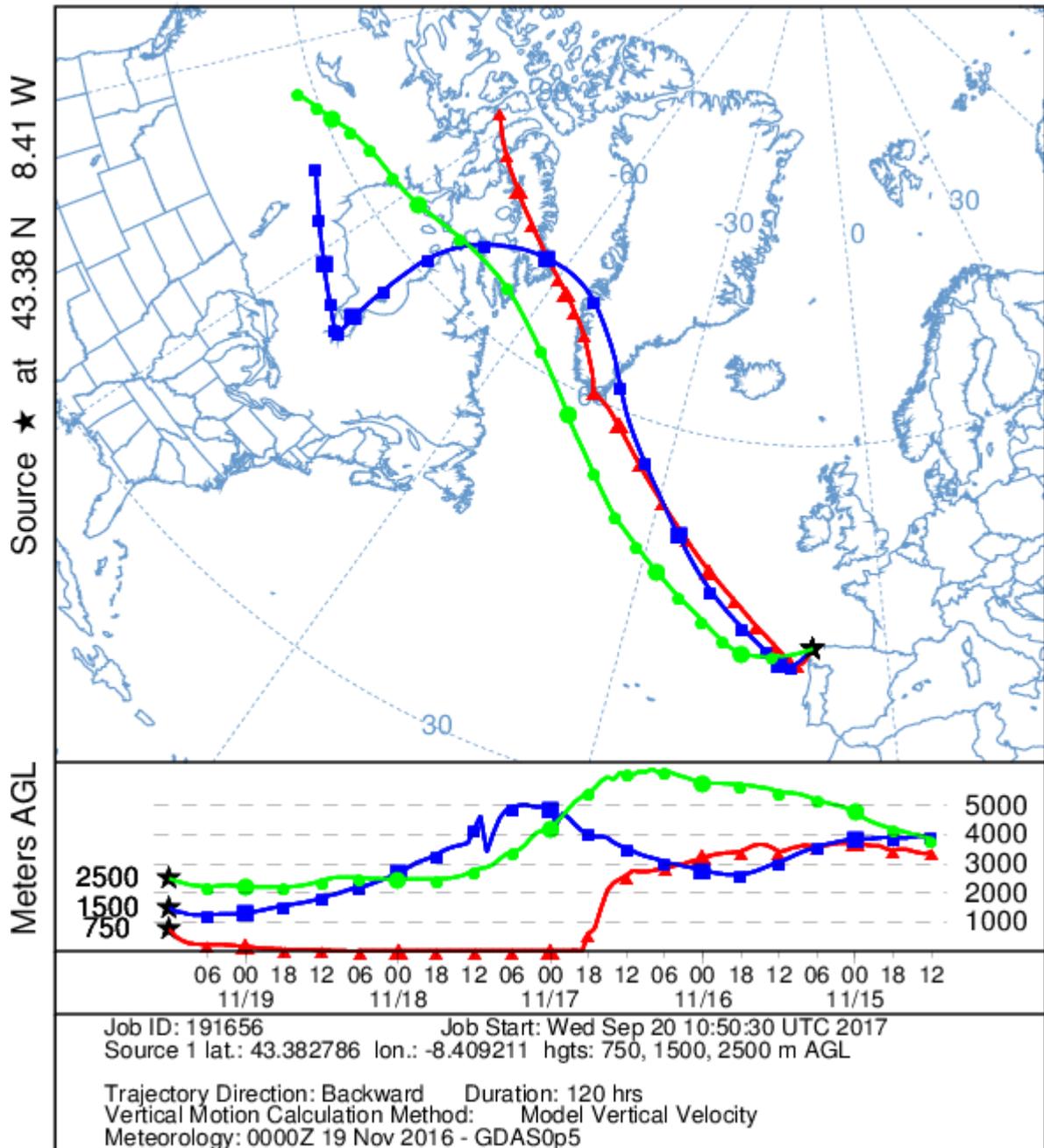


Gráfica 141. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 19/11/2016



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 142 muestra que las masas de aire proceden del Ártico y Canadá.

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1200 UTC 19 Nov 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 142. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOAA para el 19/11/2016

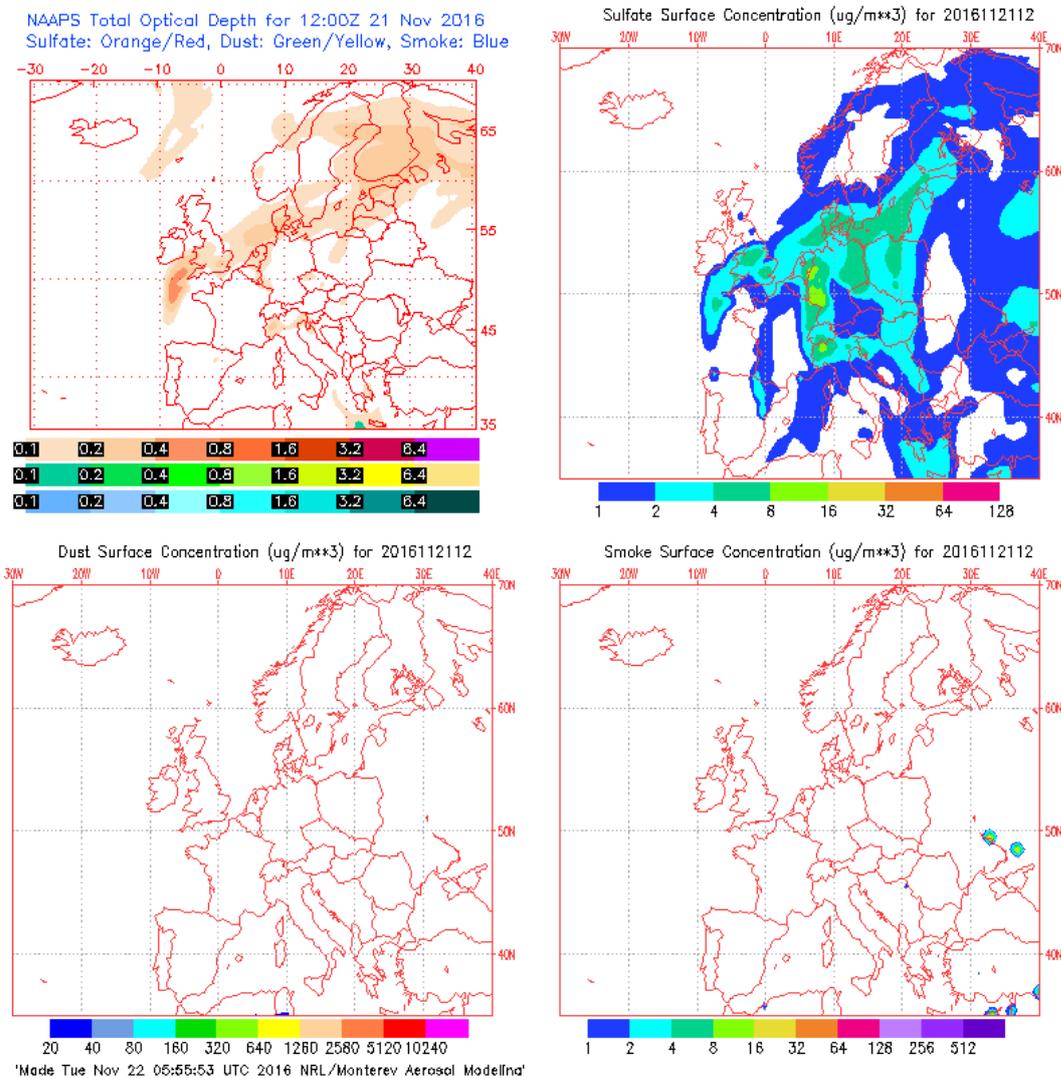


21 DE NOVIEMBRE DE 2016

La concentración de PM₁₀ fue de 62 µg/m³ con el analizador automático, por lo que se registró superación del VLD. Este día se registraron máximas horarias de altura de las olas de 4.73 m y 5.86 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 4.17 y 4.82 m, respectivamente. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 67 km/h, lo cual se corresponde con un viento bastante fuerte.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 14.84 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 78.3%.

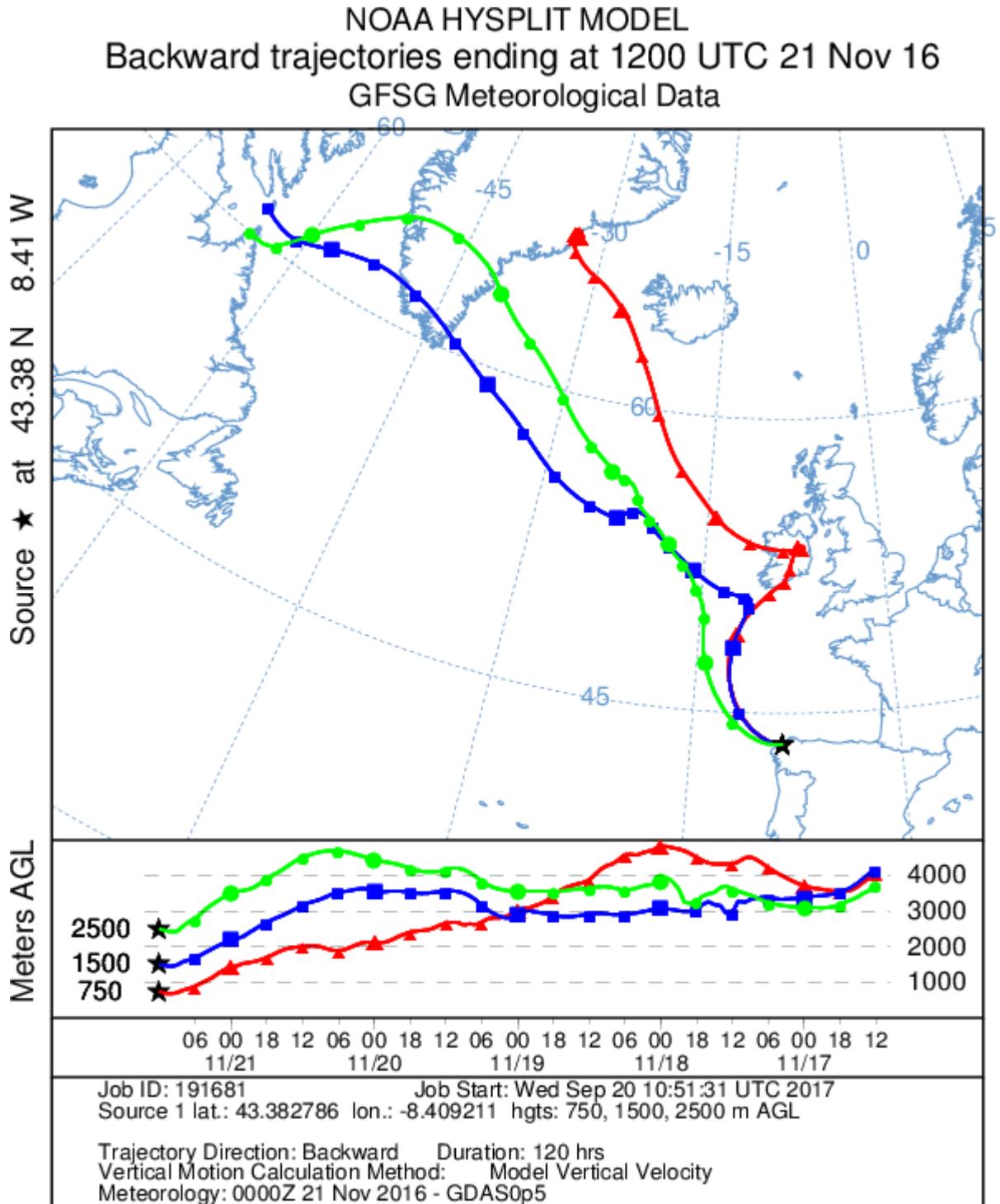
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 143 muestra bajas concentraciones de sulfato en superficie, entre 1-4 µg/m³. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 143. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 21/11/2016



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 144 muestra que las masas de aire proceden de zonas limpias como el Mar Ártico.



Gráfica 144. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 21/11/2016

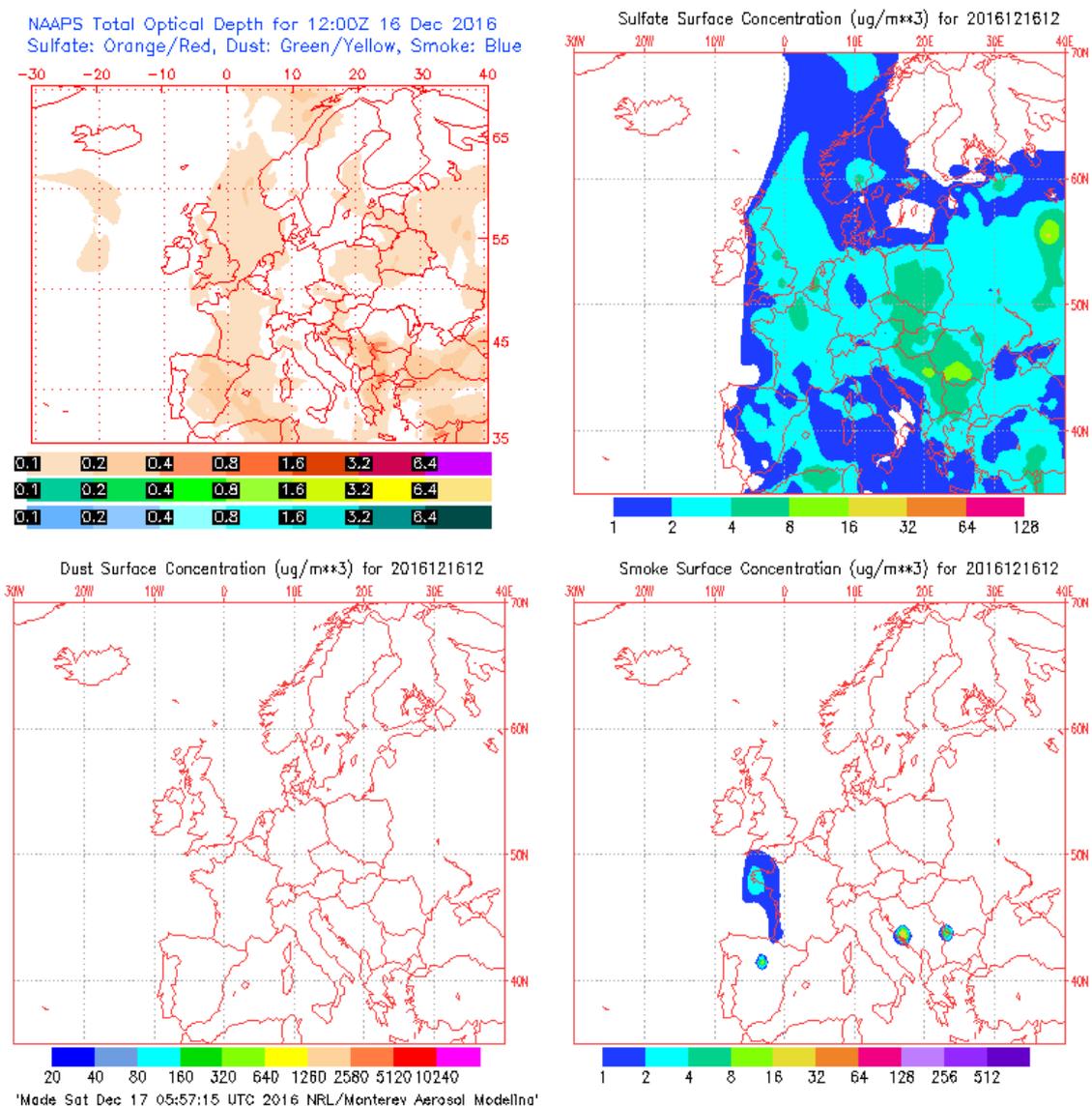


16 DE DICIEMBRE DE 2016

La concentración de PM₁₀ fue de 77 µg/m³ con el analizador automático, por lo que se registró superación del VLD. Este día se registraron máximas horarias de altura de las olas de 5.35 m y 6.45 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 4.43 y 5.72 m, respectivamente, que se corresponde con aviso de nivel naranja. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 58.9 km/h, lo cual se corresponde con un viento fuerte.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 18.54 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 78.7%.

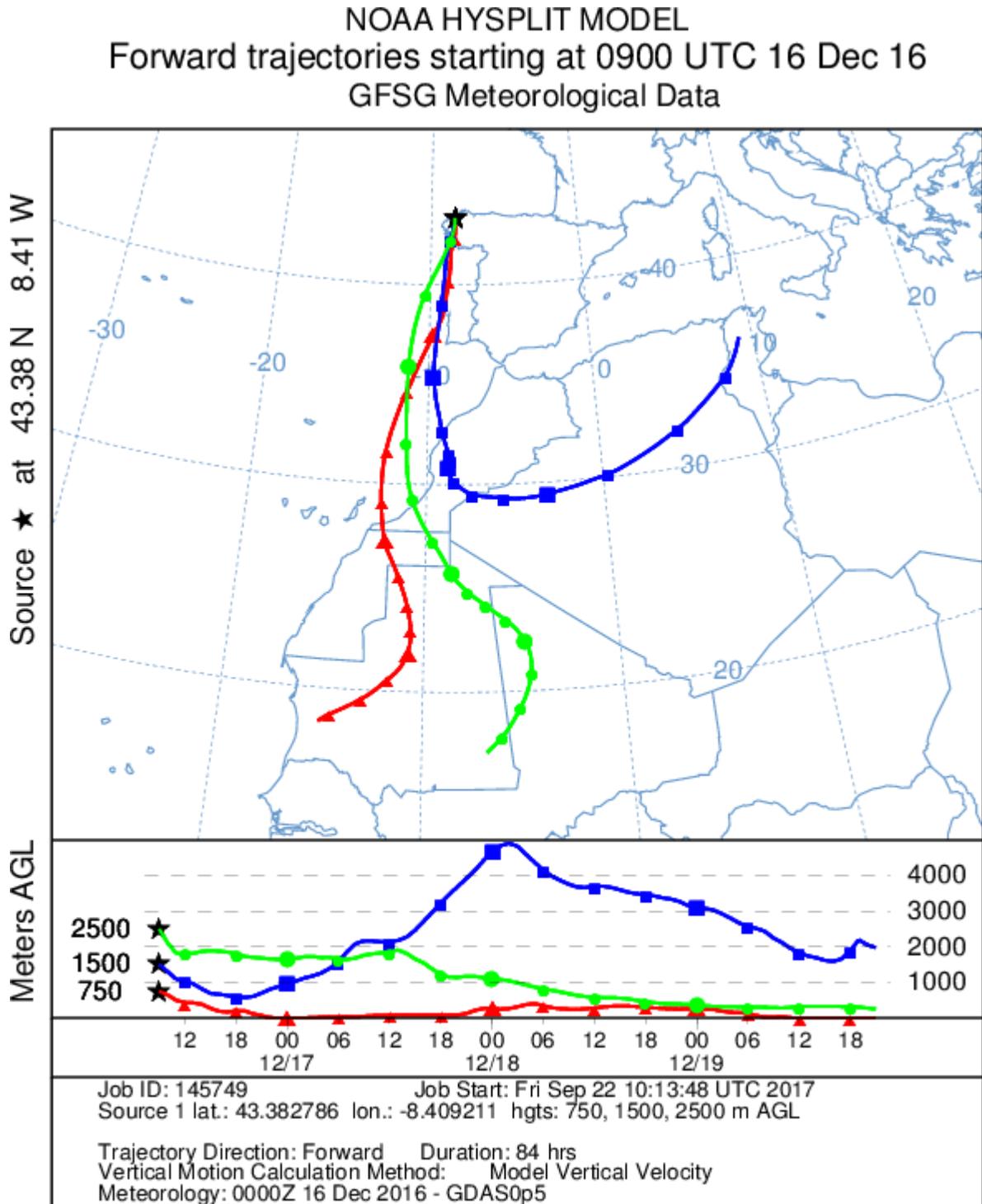
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 145 no muestra concentraciones de sulfato en superficie. Tampoco se han identificado episodios de quema de biomasa ni de intrusiones de polvo sahariano.



Gráfica 145. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 16/12/2016



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 146 muestra que las masas de aire proceden del continente africano.



Gráfica 146. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 16/12/2016

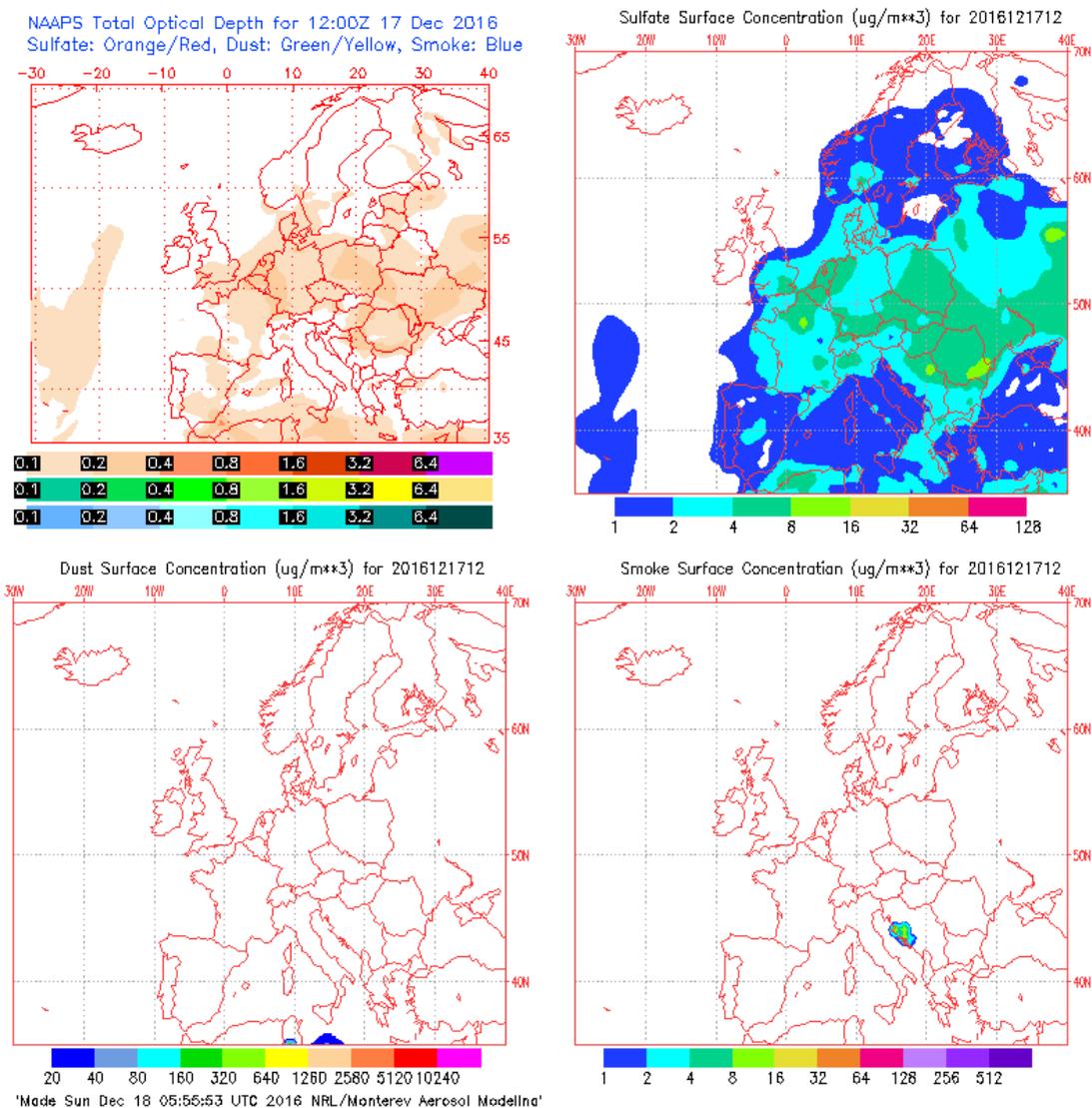


17 DE DICIEMBRE DE 2016

La concentración de PM₁₀ fue de 57 µg/m³ con el analizador automático, por lo que se supera en VLD. Este día se registraron máximas horarias de altura de las olas de 4.52 y 6.68 m en ambas boyas, Punta Langosteira y Estaca de Bares. Estos valores corresponden con un aviso de alerta naranja. La altura media de las olas fue de 3.36 y 4.36 m respectivamente. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 27.9 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 10.07 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 57.8%.

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.

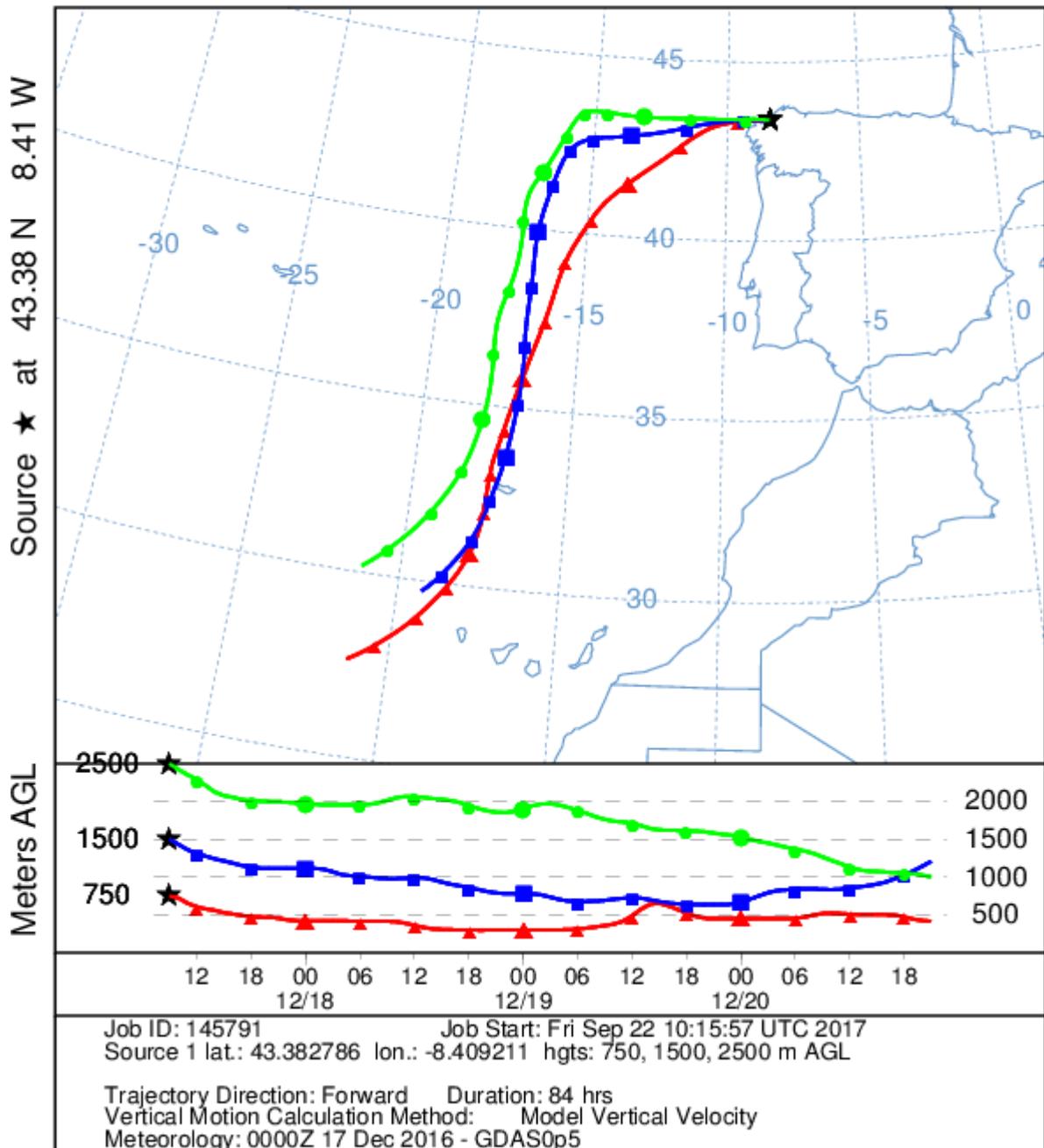


Gráfica 147. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 17/12/2016



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 zonas limpias como el Océano Atlántico.

NOAA HYSPLIT MODEL
Forward trajectories starting at 0900 UTC 17 Dec 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 148. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOAA para el 17/12/2016

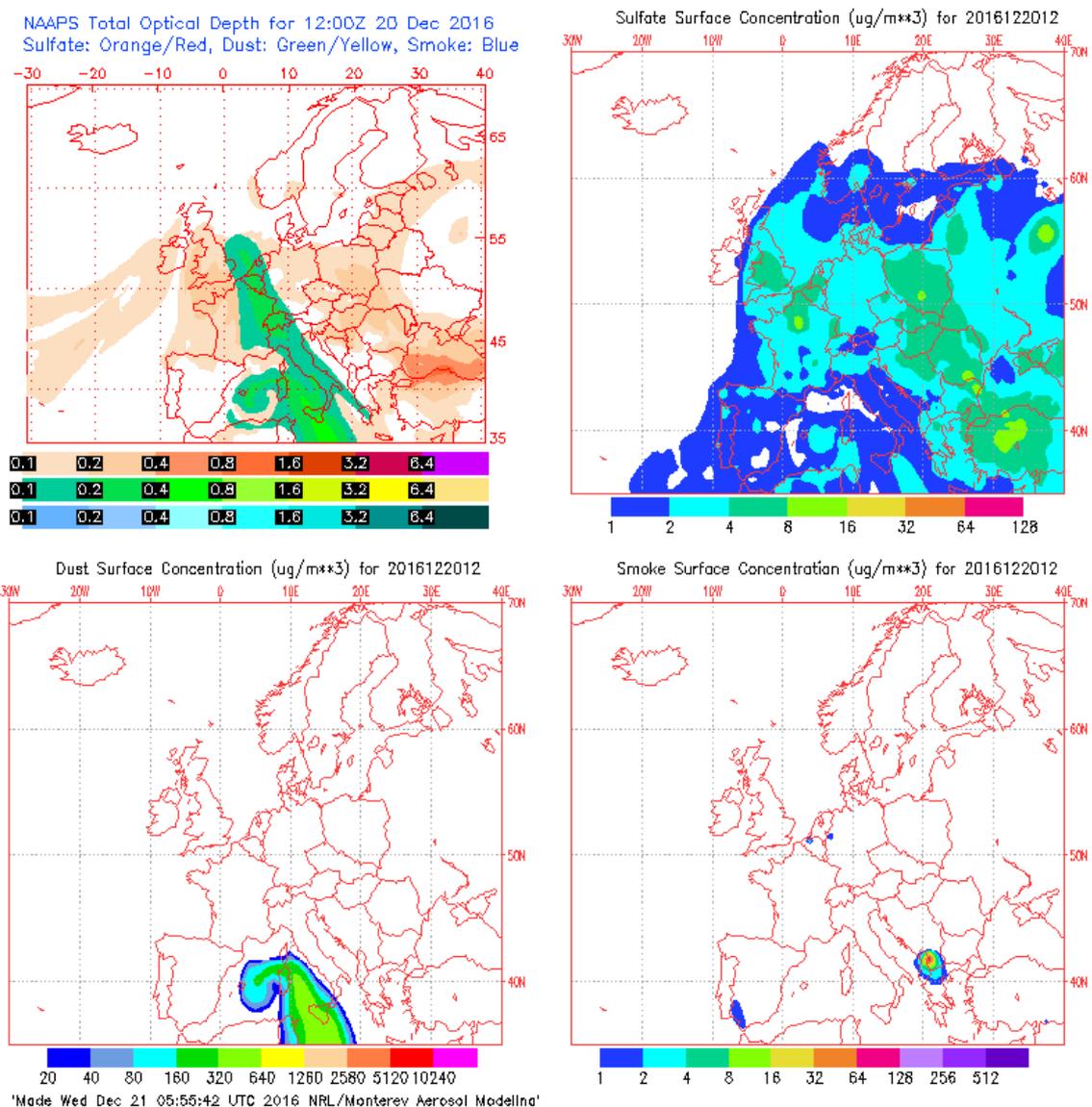


20 DE DICIEMBRE DE 2016

La concentración de PM₁₀ fue de 57 µg/m³ con el analizador automático. En la boya de Estaca de Bares se registraron máximas horarias de altura de las olas de 4.92 m y la altura media de fue de 4.17 m, mientras que en la boya de Punta Langosteira se registró una máxima horaria de altura de ola de 4.07 y una altura media de ola de 2.86. Estos datos corresponden con un aviso de alerta amarilla. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 34.6 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 9.16 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 52.6%.

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.

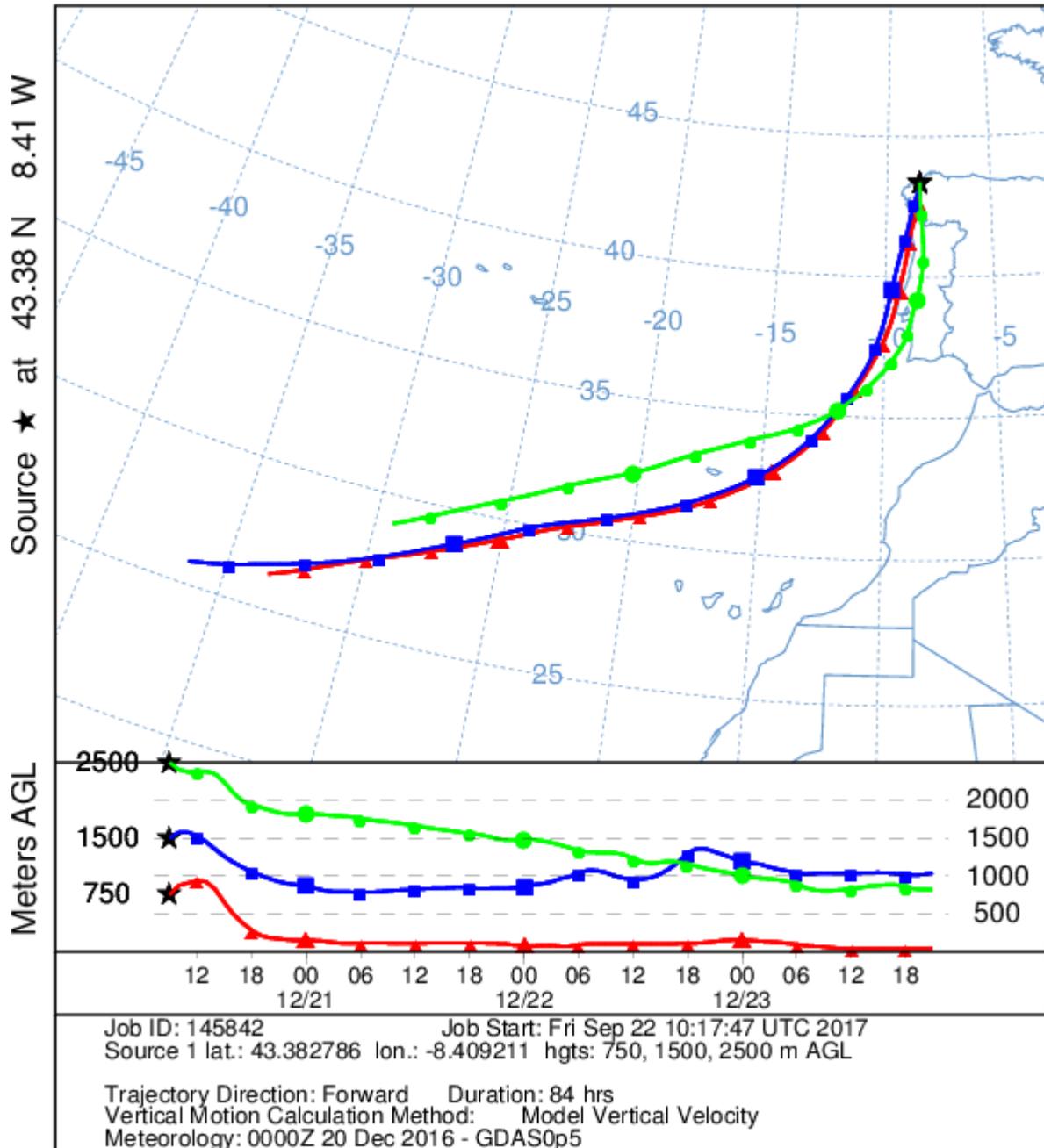


Gráfica 149. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 20/12/2016



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

NOAA HYSPLIT MODEL
Forward trajectories starting at 0900 UTC 20 Dec 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 150. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 20/12/2016

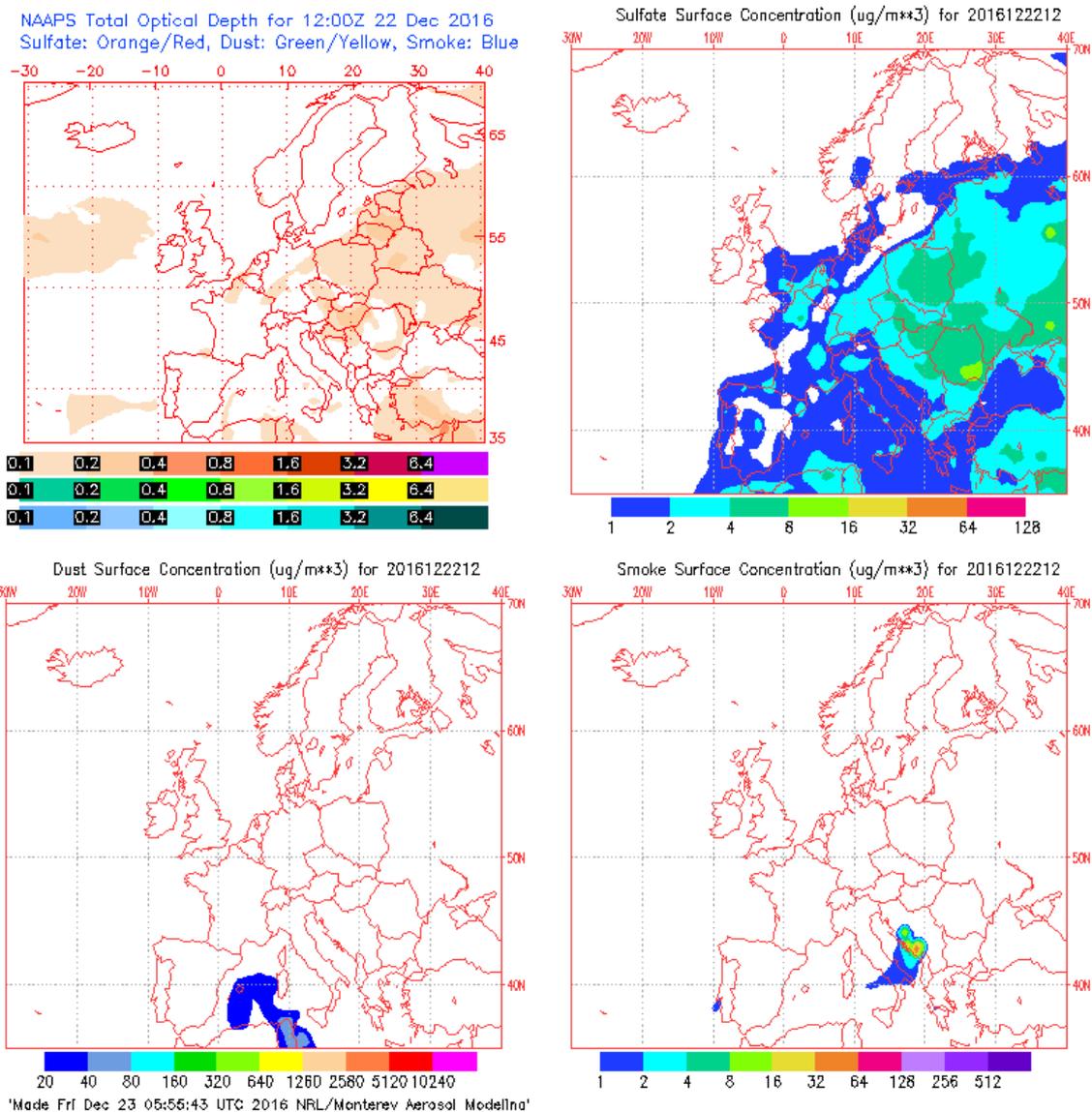


22 DE DICIEMBRE DE 2016

La concentración de PM₁₀ fue de 78 µg/m³ con el analizador automático. En la boya de Estaca de Bares se registró una máxima horaria de altura de las olas de 5.98 m y la altura media de fue de 4.7 m. En la boya de Punta Langosteira se registró una máxima horaria de altura de ola de 4.67 m y la altura media fue de 3.80 m. Estos datos corresponden con un aviso de alerta amarilla. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 34.6 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 15.45 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 64.8%.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 151 muestra bajas concentraciones de sulfato en superficie, entre 1-2 µg/m³. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni intrusiones de polvo sahariano.

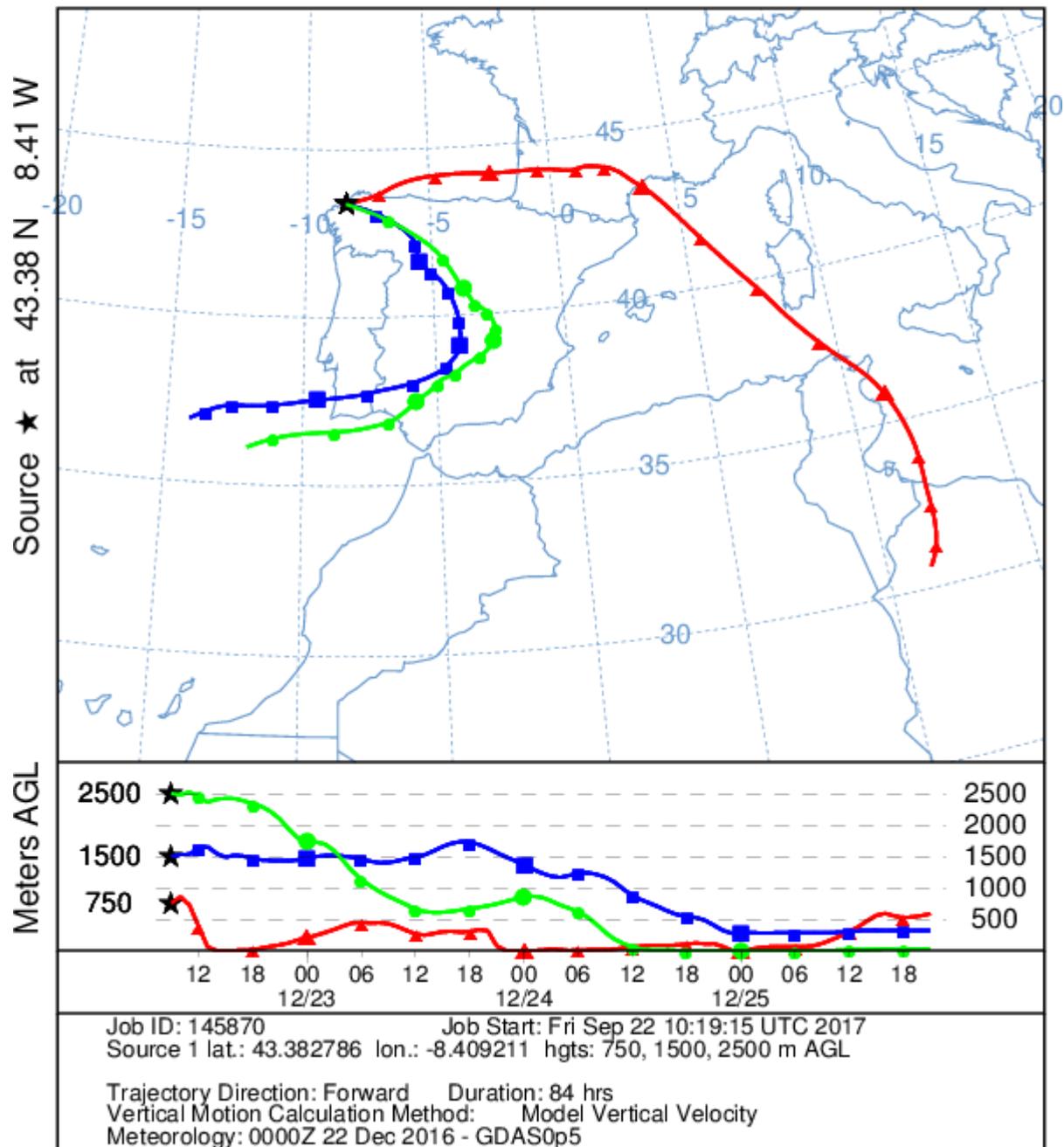


Gráfica 151. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 22/12/2016



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 152 muestra que las masas de aire proceden del Océano Atlántico (1500 y 2500 m) y del nordeste del continente africano (750 m), en concreto de Libia.

NOAA HYSPLIT MODEL
Forward trajectories starting at 0900 UTC 22 Dec 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 152. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOAA para el 22/12/2016

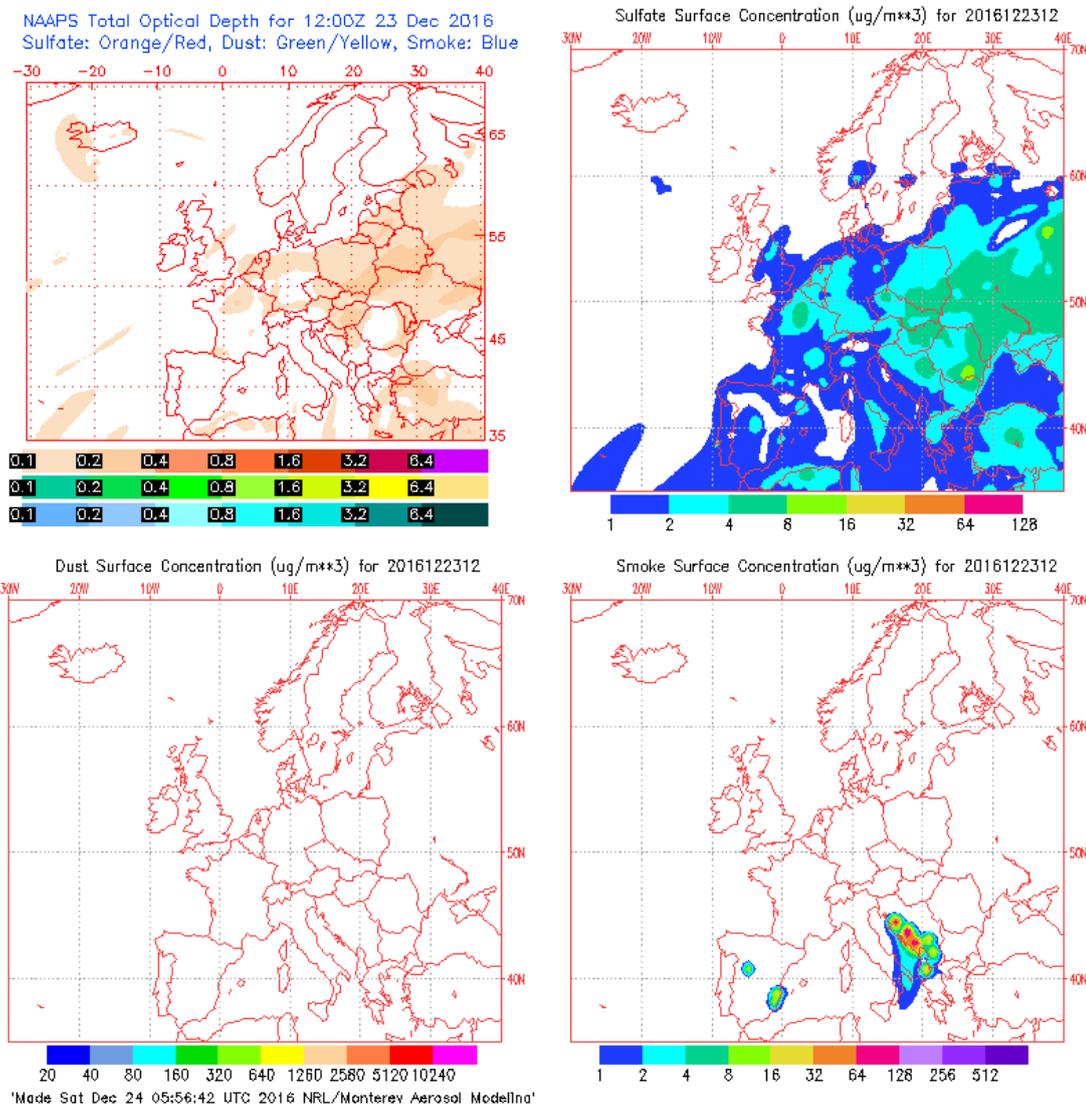


23 DE DICIEMBRE DE 2016

La concentración de PM₁₀ fue de 105 µg/m³ con el analizador automático. En la boya de Estaca de Bares se registró una máxima horaria de altura de las olas de 6.56 m y la altura media de fue de 4.75 m. En la boya de Punta Langosteira se registró una máxima horaria de altura de ola de 5.29 m y la altura media fue de 3.70 m. Estos datos corresponden con un aviso de alerta naranja. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 29.6 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 21.05 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 65.6%.

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 intrusiones de polvo sahariano.

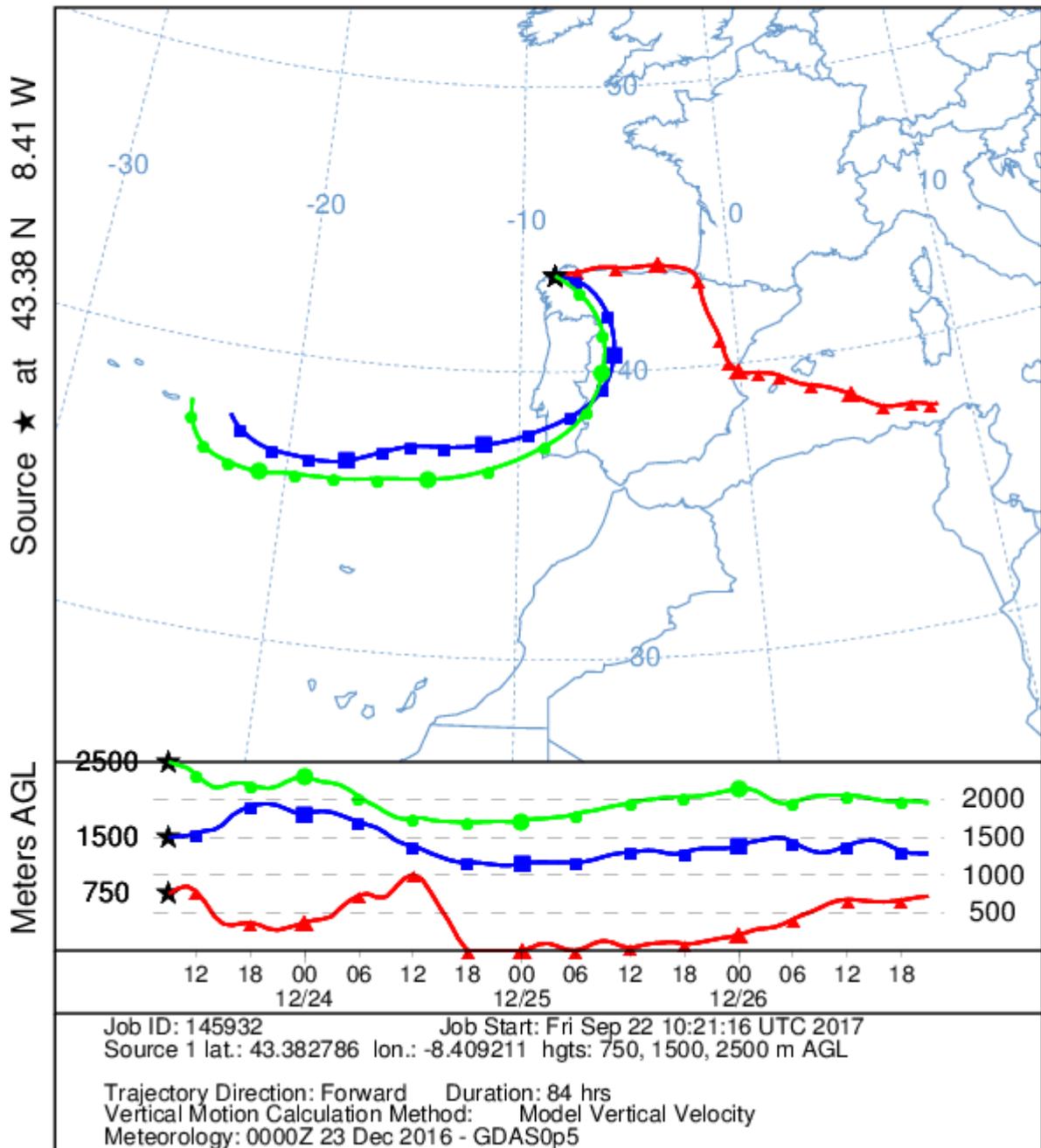


Gráfica 153. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 23/12/2016



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 154 muestra que las masas de aire proceden del Océano Atlántico (1500 y 2500 m) y del nordeste del continente africano (750 m), en concreto de Libia.

NOAA HYSPLIT MODEL
Forward trajectories starting at 0900 UTC 23 Dec 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 154. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 23/12/2016

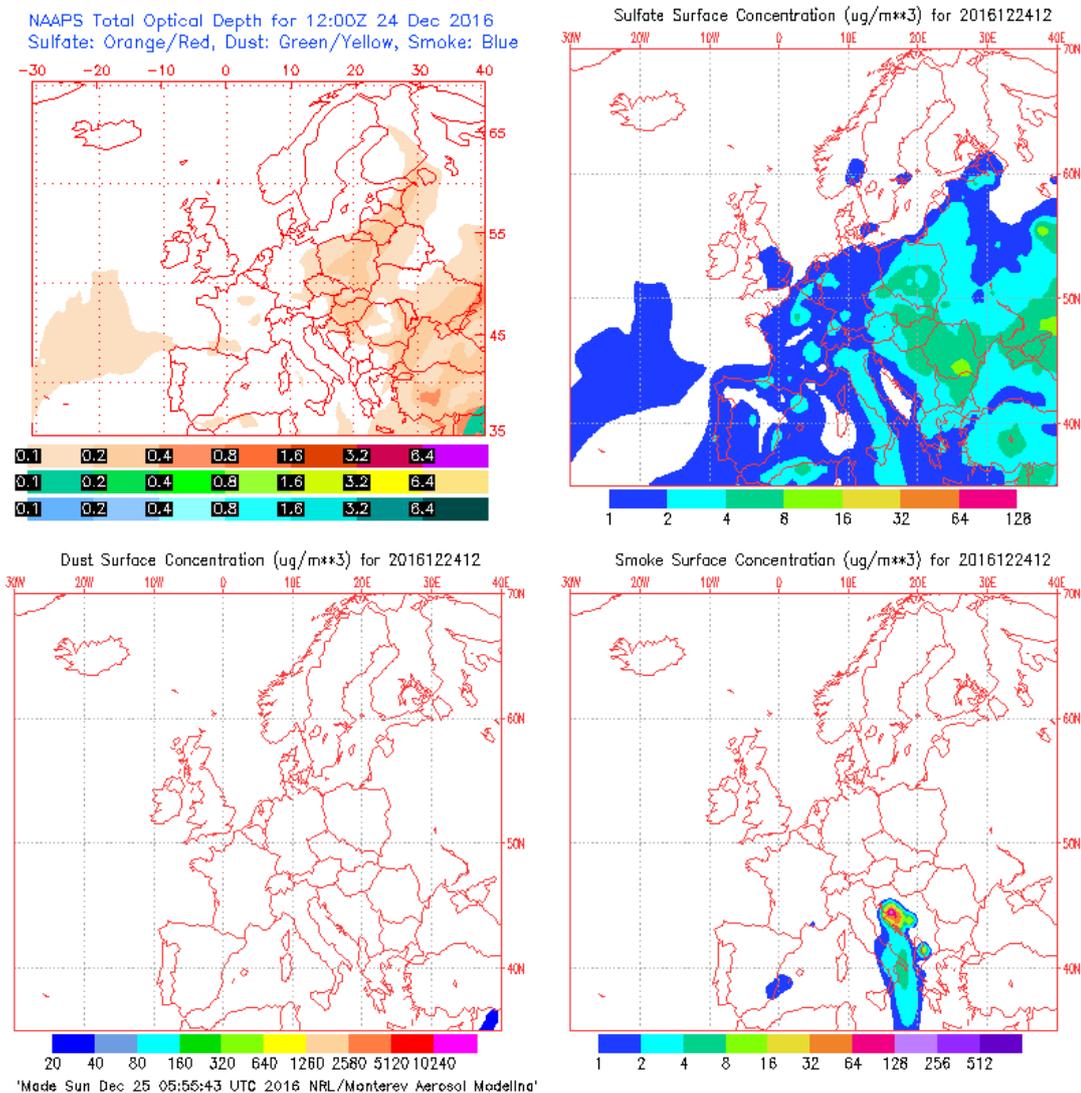


24 DE DICIEMBRE DE 2016

La concentración de PM₁₀ fue de 109 µg/m³ con el analizador automático. En la boya de Estaca de Bares se registró una máxima horaria de altura de las olas de 4.69 m y la altura media de fue de 3.98 m. En la boya de Punta Langosteira se registró una máxima horaria de altura de ola de 4.42 m y la altura media fue de 2.35 m. Estos datos corresponden con un aviso de alerta amarilla. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 20.8 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 22.91 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 68.7%.

El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 155 muestra bajas concentraciones de sulfato en superficie, entre 1-2 µg/m³. No se han identificado episodios de quema de biomasa ni intrusiones de polvo sahariano.

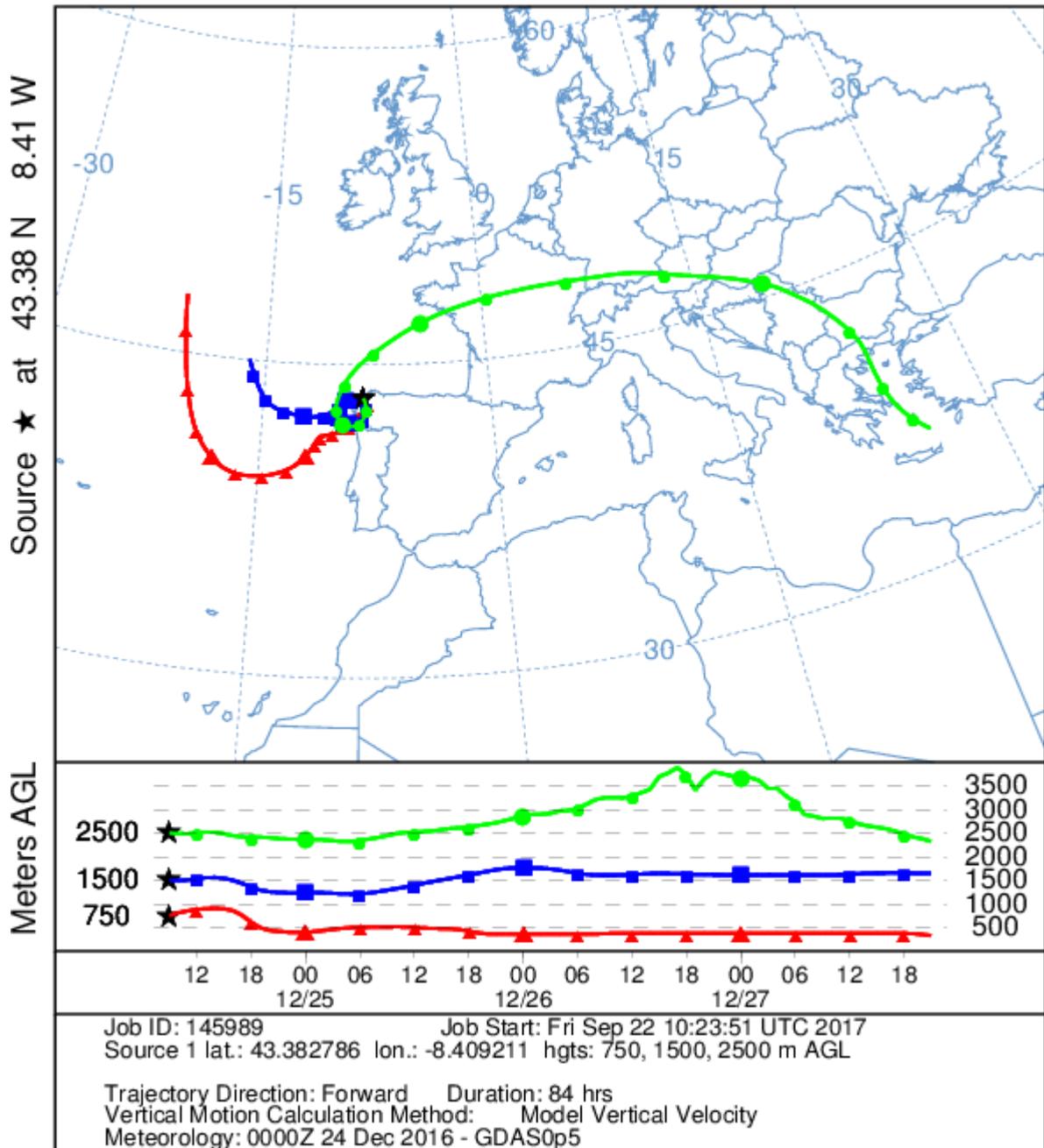


Gráfica 155. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 24/12/2016



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 156 muestra que las masas de aire a 2500 m proceden del Mar Egeo, mientras que a 750 y 1500 m proceden del Océano Atlántico.

NOAA HYSPLIT MODEL
Forward trajectories starting at 0900 UTC 24 Dec 16
GFSG Meteorological Data



Gráfica 156. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 24/12/2016

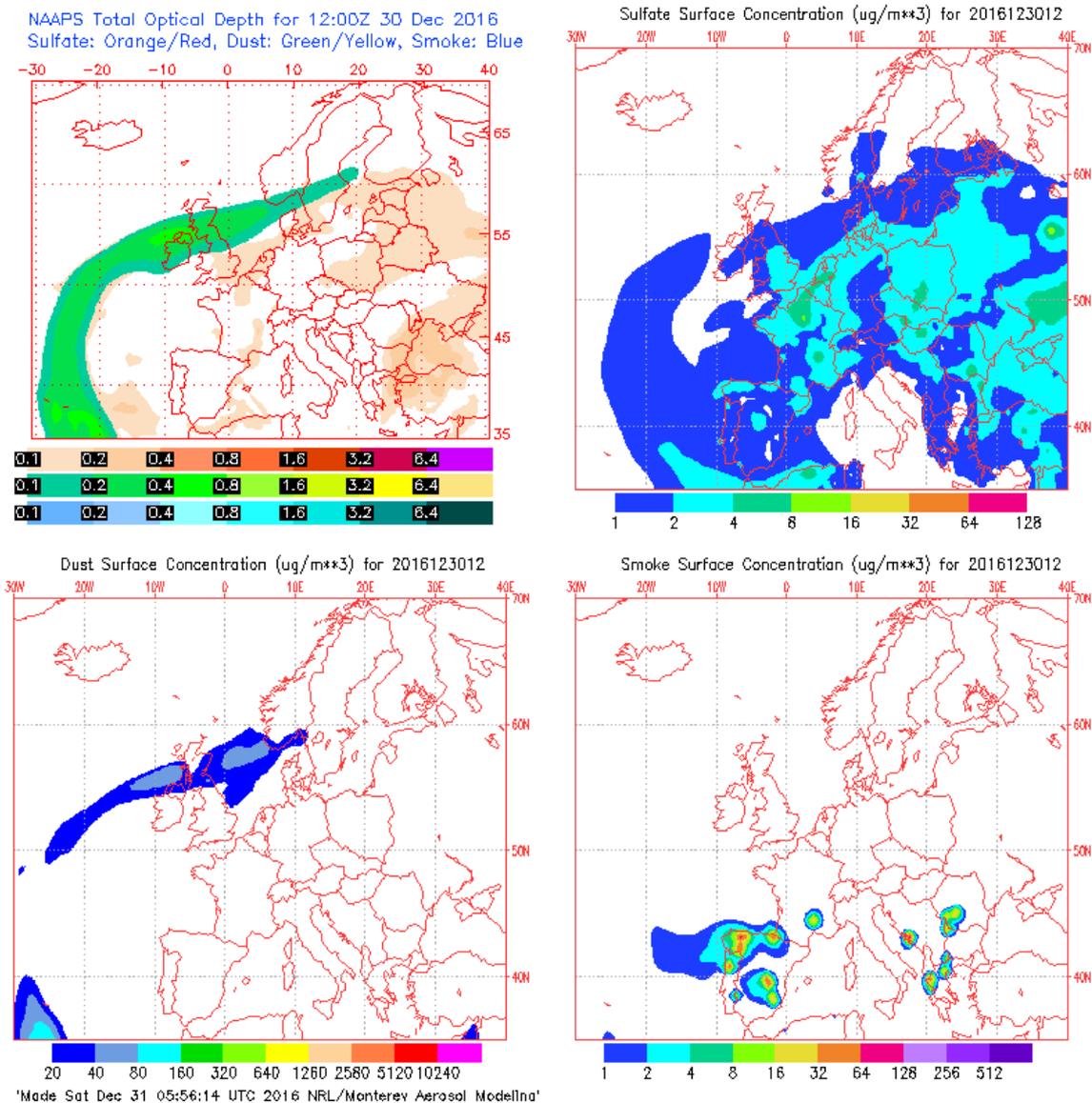


30 DE DICIEMBRE DE 2016

La concentración de PM₁₀ fue de 53 µg/m³ con el analizador automático. En la boya de Estaca de Bares se registró una máxima horaria de altura de las olas de 2.58 m y la altura media de fue de 2.16 m. En la boya de Punta Langosteira se registró una máxima horaria de altura de ola de 2.20 m y la altura media fue de 1.90 m. La racha de viento en Coruña-Dique fue de 23.3 km/h, lo cual se corresponde con un viento moderado.

La concentración de Na⁺ en el filtro fue de 4.46 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 27.5%.

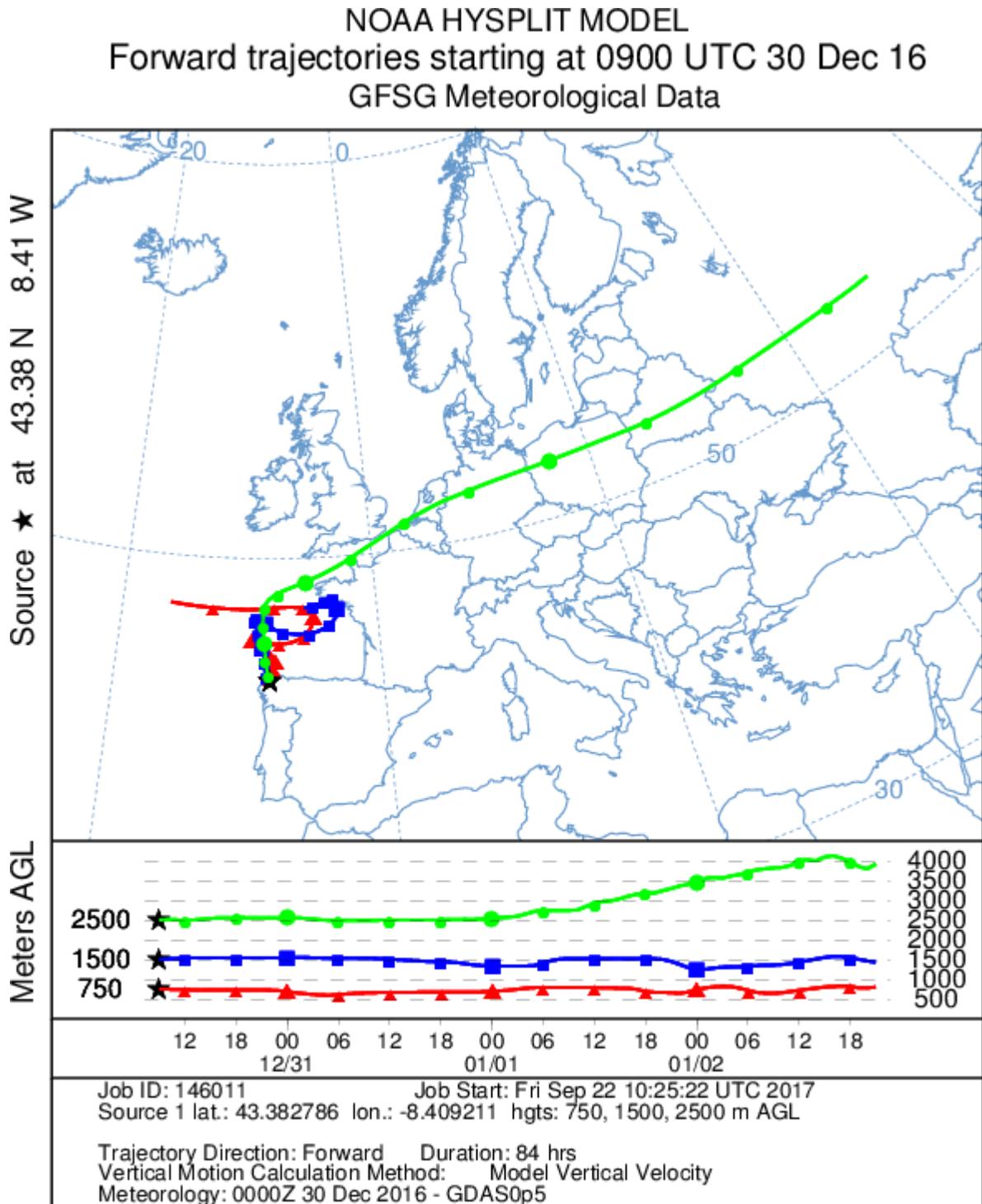
El mapa de espesor óptico del aerosol a las 12:00 de la Gráfica 157 muestra bajas concentraciones de sulfato en superficie, entre 1-4 µg/m³. También se identifica un importante episodio de quema de biomasa pero no de intrusión de polvo sahariano.



Gráfica 157. Mapas de aerosoles proporcionados por NAAPS para el 30/12/2016



El análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire presentadas en la Gráfica 158 muestra que las masas de aire a 2500 m proceden de Rusia, a 750 proceden del Atlántico y a 1500 m, del Mar Cantábrico.



Gráfica 158. Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire proporcionado por el modelo HYSPLIT del LA NOA para el 30/09/2016



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.

13. CONCLUSIONES

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

- Un año más, 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, invierno y este año también en alguno de los meses de verano en A Coruña es muy superior a la de primavera y el resto del 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 01/01/2016-31/12/2016, 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 PM₁₀ del material particulado muestra que el promedio de la misma a lo largo del año fue de 45% en PM₁₀ en Torre.
- Los aumentos en la concentración de sal marina en la fracción PM₁₀ 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 PM₁₀.
- 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 50%, expresado en porcentaje de la fracción de PM₁₀.
- La media de la concentración de sal marina en PM₁₀, expresada en porcentaje, a lo largo de 2016 en la estación de Torre es del 45%
- 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.
- Una vez aplicados los descuentos a los días en que hubo superación del VLD de PM₁₀ 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 cuatro, deja de existir la superación. Existen otros dos de superación del VLD días para los que no se muestreó filtro, por lo que no se puede realizar el descuento.
- Los días 10/08/2017, 11/08/2017 y 20/08/2017, continua existiendo superación del VLD una vez realizado el descuento atribuible a la sal marina. Estos días se identifican episodios de quema de biomasa debido a los incendios de Galicia y Portugal.
- Durante el mes de agosto se produce una circunstancia excepcional, ya que se registran un gran número de superaciones del VLD con alturas de ola de menos de 3 m. Durante el mes de agosto, la media de sal marina en PM₁₀, expresada en porcentaje, fue solo del 33.8%, mientras que, por ejemplo en enero, fue del 62.0%. La causa está en la cantidad de episodios de quema de biomasa y también por episodios de intrusión de polvo sahariano.

Todas estas conclusiones indican que el problema de superaciones del VLD de PM₁₀ en la estación Torre de Hércules, en A Coruña, durante 2016, procede de una fuente natural, el aerosol marino.



14. ANEXOS

Tabla A. Fecha del muestreo, concentración media diaria de PM₁₀, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, obtenida con el analizadores automático y con el analizador gravimétrico, concentración de Na⁺, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, obtenida en cada filtro analizado, concentración de sal marina calculada, expresada en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y en porcentaje y concentración de PM₁₀ obtenida tras realizar el descuento atribuible a la sal marina, todo ello en la estación Torre de Hércules. Altura de la ola máxima horaria y media, en metros, en las boyas de Punta Langosteira y Estaca de Bares. Racha de viento, en km/h, en Coruña-Dique. Existencia o no de eventos y tipo (africanos, europeo sulfatos o quema biomasa)

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 PM_{2,5} 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 PM_{2,5} 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.
- "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.
- "Resumen final de episodios naturales 2016", 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.
- "PM₁₀ y PM_{2,5} en ES1219: Área Metropolitana de A Coruña en 2015 y la influencia del aerosol marino. Superaciones del VLD en la estación 1503027-Torre de Hércules (A Coruña). Año 2015."
- "PM₁₀ y PM_{2,5} A Coruña en 2014 y la influencia del aerosol marino. Superaciones del VLD en la estación 1503027-Torre de Hércules (A Coruña). Año 2014."

Anexo I. Tabla A.

Fecha de muestreo	Torre						h(m) ola P. Langosteira		h(m) ola E. Bares		Racha Viento Coruña-Dique	Eventos	Tipo de Evento
	PM10 Automático (µg/m ³)	PM10 Gravim. (µg/m ³)	Na (µg/m ³)	sea salt (µg/m ³)	% sea salt	PM10 sin sal (µg/m ³)	media	max horaria	media	max horaria	km/h	Si/No	
01/01/2016	31	29	7,42	24,26	78,27	7			5,34	8,44	81,1		
02/01/2016	67			0,00	0,00	67			6,91	8,55	58,6		
03/01/2016	32			0,00	0,00	32			5,08	5,51	78,7		
04/01/2016	66			0,00	0,00	66			6,46	7,62	66,3		
05/01/2016	56	52	15,76	51,54	92,03	4			6,47	7,50	70,9		
06/01/2016	53	46	12,72	41,59	78,48	11			6,27	9,14	97,6		
07/01/2016	26	23	7,02	22,96	88,29	3			4,80	5,98	78,4		
08/01/2016	41	34	8	26,16	63,80	15			4,09	4,45	89,0		
09/01/2016	42	37	10,22	33,42	79,57	9			5,55	6,91	83,8		
10/01/2016	45	37	9,67	31,62	70,27	13			5,34	6,33	72,9		
11/01/2016	47	48	13,96	45,65	97,13	1			6,27	7,03	72,7		
12/01/2016	57	50	13,29	43,46	76,24	14			4,07	4,80	52,7		
13/01/2016	15	15	1,26	4,12	27,47	11			2,71	3,28	77,9		
14/01/2016	23	21	4,57	14,94	64,97	8			2,15	2,46	48,7		
15/01/2016	22	22	4,67	15,27	69,41	7			2,47	3,05			
16/01/2016	20	22	2,13	6,97	34,83	13			1,71	2,11	19,4		
17/01/2016	10	11	0,4	1,31	13,08	9			1,92	3,40	72,2		
18/01/2016	34	34	8,71	28,48	83,77	6	2,51	2,97	3,25	3,63	64,8		
19/01/2016	33	30	5,48	17,92	54,30	15	2,18	2,73	3,03	3,75	32,3		
20/01/2016	22	22	2,41	7,88	35,82	14	1,48	1,96	2,35	3,40			
21/01/2016	13	13	1,08	3,53	27,17	9	1,58	1,85	2,46	3,16	52,2		
22/01/2016	18	21,95	3,64	11,90	66,13	6	1,63	1,77	2,64	3,16	45,6	si	européo sulfatos

23/01/2016	34	35,59	6,51	21,29	62,61	13	2,36	3,01	3,90	5,04	44,8	si	européo sulfatos
24/01/2016	24	23,32	2,62	8,57	35,70	15	1,70	2,02	2,89	3,63	67,6		
25/01/2016	49	40,31	8,14	26,62	54,32	22	1,77	2,20	2,85	3,52	57,6		
26/01/2016	29	24,9	3,49	11,41	39,35	18	2,04	2,45	3,38	3,98	43,2		
27/01/2016	27	26,93	4,59	15,01	55,59	12	2,91	3,35	4,65	5,63	71,1		
28/01/2016	43			0,00	0,00	43	4,20	4,40	4,10	4,92	65,7		
29/01/2016	50	41,59	8,95	29,27	58,53	21	4,21	5,00	4,40	5,04	21,2		
30/01/2016	42	50,37	10,66	34,86	83,00	7	4,30	5,01	5,11	5,63	50,0		
31/01/2016	54	54,08	13,68	44,73	82,84	9	4,16	4,78	5,21	5,74	35,7		
01/02/2016	85	66,81	17,4	56,90	66,94	28	3,56	4,26	3,82	4,57	23,4		
02/02/2016	77	64,09	16,63	54,38	70,62	23	3,70	4,57	4,57	5,04	39,4		
03/02/2016	47			0,00	0,00	47	3,21	3,55	3,75	4,57	42,2		
04/02/2016	33	34,92	5,17	16,91	51,23	16	2,57	2,96	2,89	3,40	20,6	si	combustión biomasa
05/02/2016	26	26,85	1,5	4,91	18,87	21	1,43	2,16	1,97	2,46	44,2		
06/02/2016	32	30,37	4,25	13,90	43,43	18	2,07	2,49	3,93	5,39	91,3		
07/02/2016	55	45,32	13,76	45,00	81,81	10	5,36	5,60	6,72	7,73	70,5		
08/02/2016	59	49,81	15,04	49,18	83,36	10	6,59	9,96	7,99	11,95	66,9		
09/02/2016	53	45,02	13,33	43,59	82,24	9	5,61	6,86	7,45	9,02	85,6		
10/02/2016	40	30,36	7,97	26,06	65,15	14	4,38	4,95	5,12	6,21	74,3		
11/02/2016	35	23,37	5,69	18,61	53,16	16	3,29	4,28	3,82	4,69	52,5		
12/02/2016	19	14,05	3,38	11,05	58,17	8	2,77	3,07	3,85	4,69	58,9		
13/02/2016	43	38,98	10,04	32,83	76,35	10	4,05	5,33	5,41	7,38	80,4		
14/02/2016	68	59,57	17,2	56,24	82,71	12	5,69	8,80	6,70	10,43	102,7		
15/02/2016	71	52,08	15,37	50,26	70,79	21	5,96	8,75	6,37	9,26	95,4		
16/02/2016	30	24,81	5,24	17,13	57,12	13	2,52	3,38	3,06	4,10	21,4		
17/02/2016	29	26,86	5,41	17,69	61,00	11	2,45	4,00	2,76	4,45	57,9		
18/02/2016	50	42,75	11,85	38,75	77,50	11	4,06	4,60	4,69	5,51	58,2		

19/02/2016	39	33,98	7,94	25,96	66,57	13	4,22	5,60	4,43	5,16	26,8		
20/02/2016	40	30,05	7,68	25,11	62,78	15	2,96	3,20	3,38	3,98	27,5		
21/02/2016	45	36,95	10,61	34,69	77,10	10	3,29	4,60	3,49	4,57	26,0	si	polvo africano
22/02/2016	59	45,94	11,6	37,93	64,29	21	3,85	4,60	4,03	4,80	33,6	si	polvo africano y sulfatos
23/02/2016	45	34,8	8,11	26,52	58,93	18	2,86	3,45	3,68	4,22	41,5		
24/02/2016	29	21,74	5,19	16,97	58,52	12	2,25	2,66	2,93	3,63	53,4		
25/02/2016	38	26,95	6,49	21,22	55,85	17	2,13	2,51	2,72	3,28	40,9		
26/02/2016	22	17,47	4,52	14,78	67,18	7	2,11	4,32	2,18	4,10	74,0		
27/02/2016	46	40,65	12,81	41,89	91,06	4	4,91	6,26	4,67	5,74	85,5		
28/02/2016	45	41,83	9,87	32,27	71,72	13	3,86	4,88	3,93	4,80	68,5	si	europeo sulfatos
29/02/2016	33	29,42	6,34	20,73	62,82	12	2,09	2,92	2,48	3,28	43,2		
01/03/2016	21	19,46	2,4	7,85	37,37	13	1,33	1,70	1,72	2,46	36,1		
02/03/2016	48	47,89	12,88	42,12	87,75	6	2,82	3,58	3,47	4,80	41,3		
03/03/2016	76	70,12	20,25	66,22	87,13	10	3,98	5,49	4,68	5,98	41,0		
04/03/2016	41	43,05	11,05	36,13	88,13	5	4,15	6,10	4,38	5,63	86,4		
05/03/2016	72	66,24	13,31	43,52	60,45	28	5,42	6,88	5,39	6,33	68,8		
06/03/2016	47	42,14	11,22	36,69	78,06	10	3,35	4,43	3,52	4,80	63,8		
07/03/2016	42	42,08	11,41	37,31	88,84	5	4,25	5,75	4,65	6,09	87,9		
08/03/2016	42	35,81	9,16	29,95	71,32	12	2,78	3,50	2,77	3,52	40,3		
09/03/2016	47	47,15	11,9	38,91	82,79	8	3,26	4,30	3,92	5,39	57,5		
10/03/2016	49	46,13	13,49	44,11	90,03	5	3,47	4,03	3,93	4,92	57,0		
11/03/2016	29	24,29	5,55	18,15	62,58	11	2,07	2,82	2,38	3,16	45,6		
12/03/2016	22	19,67	3,1	10,14	46,08	12	2,14	2,77	2,54	3,40	49,9		
13/03/2016	28			0,00	0,00	28	2,03	2,41	2,55	2,93	45,8	si	europeo sulfatos
14/03/2016	28			0,00	0,00	28	1,52	1,79	2,29	3,16	38,7	si	biomasa - sulfatos
15/03/2016	30	28,44	2,8	9,16	30,52	21	1,29	1,53	2,55	3,28	36,7	si	combustion biomasa
16/03/2016	26	29,99	1,95	6,38	24,53	20	1,14	1,32	1,74	2,11	46,4		

17/03/2016	29	29,88	1,88	6,15	21,20	23	1,22	1,64	2,14	3,28	36,0		
18/03/2016	19			0,00	0,00	19	1,26	1,63	2,79	3,40	33,3	si	biomasa - sulfatos
19/03/2016	19	20,07	1,84	6,02	31,67	13	1,34	1,76	2,57	3,05	34,0		
20/03/2016	39	46,02	3,23	10,56	27,08	28	1,80	1,96	2,41	2,70	43,3		
21/03/2016	33	35,79	3,17	10,37	31,41	23	1,81	2,28	2,26	2,46	60,1		
22/03/2016	23	23,42	2,59	8,47	36,82	15	1,27	1,50	1,59	1,99	45,1		
23/03/2016	23	26,41	1,41	4,61	20,05	18	1,73	3,08	1,85	3,52	54,0		
24/03/2016	53	52,33	8,9	29,10	54,91	24	2,55	3,27	2,80	3,75	24,1		
25/03/2016	14	14,56	1,1	3,60	25,69	10	1,91	2,43	2,34	2,81	44,9		
26/03/2016	29	30,76	7,38	24,13	83,22	5	3,23	4,14	4,22	5,39	82,3		
27/03/2016	43	43,35	10,58	34,60	80,46	8	4,26	5,07	6,09	7,85	86,2		
28/03/2016	59	60,42	16,02	52,39	88,79	7	3,87	5,60	5,86	7,62	63,6		
29/03/2016	32	27,38	5,3	17,33	54,16	15	2,70	3,25	3,49	4,22	30,9		
30/03/2016	24	20,03	4,15	13,57	56,54	10	1,97	1,97	3,21	3,75	65,8		
31/03/2016	40	40,12	9,84	32,18	80,44	8	2,98	3,40	2,95	3,63	58,2		
01/04/2016	23	24,74	3,57	11,67	50,76	11	1,83	2,82	1,88	2,93	24,2		
02/04/2016	21	19,26	2,12	6,93	33,01	14	2,31	2,90	3,14	3,40	74,1		
03/04/2016	28			0,00	0,00	28	2,74	3,05	3,99	4,57	67,4		
04/04/2016	36			0,00	0,00	36	2,48	3,10	3,15	4,22	35,6		
05/04/2016	42	37,57	8,57	28,02	66,72	14	1,88	2,22	2,39	2,58	29,3		
06/04/2016	30	28,09	4,92	16,09	53,63	14	1,59	2,12	1,98	2,34	45,5		
07/04/2016	46			0,00	0,00	46	3,16	3,85	3,99	4,69	44,4		
08/04/2016	44	46,04	9,75	31,88	72,46	12	3,21	3,77	3,76	4,57	27,0		
09/04/2016	32	30,39	7,03	22,99	71,84	9	2,59	3,74	3,11	4,34	42,0		
10/04/2016	31			0,00	0,00	31	4,49	6,36	5,46	7,15	63,0		
11/04/2016	16			0,00	0,00	16	3,22	4,80	4,25	5,51	74,9		
12/04/2016	15	13,74	1,86	6,08	40,55	9	1,63	2,20	2,67	2,93	79,0		

13/04/2016	15	14,66	2,03	6,64	44,25	8	1,35	1,60	2,26	2,81	68,5		
14/04/2016	18	16,94	2,07	6,77	37,61	11	1,16	1,40	2,41	3,52	57,2		
15/04/2016	16			0,00	0,00	16	0,86	1,00	1,24	1,64	22,1	si	européo sulfatos
16/04/2016	14	11,71	1,5	4,91	35,04	9	0,94	1,20	1,18	1,41	40,0		
17/04/2016	14	11,19	0,91	2,98	21,26	11	1,20	1,60	1,29	1,52	39,5		
18/04/2016	16	16,02	1,82	5,95	37,20	10	1,24	1,40	2,10	3,05	52,0		
19/04/2016	14	12,39	0,75	2,45	17,52	12	0,95	1,00	2,94	3,40	40,7	si	européo sulfatos
20/04/2016	14	15,46	1,25	4,09	29,20	10	1,18	1,40	1,92	2,93	28,3	si	européo sulfatos
21/04/2016	19			0,00	0,00	19	0,99	1,40	1,34	1,64	48,7		
22/04/2016	22	21,78	2,61	8,53	38,79	13	0,70	0,80	1,00	1,29			
23/04/2016	17	16,05	1,58	5,17	30,39	12	0,68	0,80	0,84	1,05		si	européo sulfatos
24/04/2016	19	17,36	2,12	6,93	36,49	12	0,91	1,60	1,18	1,76			
25/04/2016	21	18,83	2,43	7,95	37,84	13	1,28	1,60	1,11	1,52			
26/04/2016	16	13,16	1,41	4,61	28,82	11	0,98	1,20	0,99	1,41			
27/04/2016	19	16,41	2,92	9,55	50,25	9	1,53	1,80	1,79	1,99	48,7		
28/04/2016	19	16,45	3,41	11,15	58,69	8	1,83	2,00	1,66	1,88	54,2		
29/04/2016	17	13,73	2,7	8,83	51,94	8	1,36	1,60	1,21	1,64	54,3		
30/04/2016	22	19,62	4,34	14,19	64,51	8	1,93	2,20	1,92	2,34	52,0		
01/05/2016	19	16,78	3,23	10,56	55,59	8	1,38	1,60	1,13	1,64	50,4	si	combustión biomasa
02/05/2016	20	19,16	3,29	10,76	53,79	9	1,16	1,60	1,15	1,29	53,3	si	combustión biomasa
03/05/2016	21	21,52	3,77	12,33	58,70	9	2,00	3,20	2,16	3,16	48,9		
04/05/2016	51	49,39	10,09	32,99	64,69	18	1,73	2,20	2,56	3,28	20,9	si	combustión biomasa
05/05/2016	60	57,15	10,11	33,06	55,10	27	1,66	2,00	2,33	2,81	19,4	si	biomasa-sulfatos-africanos
06/05/2016	47	46,99	8,51	27,83	59,21	19	2,09	2,40	2,31	2,93	27,6	si	européo sulfatos
07/05/2016	21			0,00	0,00	21	1,35	2,00	1,61	1,99	66,5		
08/05/2016	9,1			0,00	0,00	9	0,98	1,20	1,58	1,99	59,5		
09/05/2016	13			0,00	0,00	13	0,89	1,00	1,31	1,64	62,3		

10/05/2016	12	14,62	1,07	3,50	29,16	9	1,00	1,15	1,07	1,17	39,2		
11/05/2016	16	14,84	1,66	5,43	33,93	11	0,82	0,89	0,93	1,05	37,5		
12/05/2016	17	17,94	1,9	6,21	36,55	11	0,88	1,05	0,97	1,17	29,3	si	européo sulfatos
13/05/2016	16	17,97	2,66	8,70	54,36	7	1,32	1,60	1,45	1,76	39,3	si	européo sulfatos
14/05/2016	22	17,94	1,58	5,17	23,48	17	1,09	1,25	1,14	1,29	28,6	si	européo sulfatos
15/05/2016	27			0,00	0,00	27	0,84	1,07	0,80	1,05	48,8	si	européo sulfatos
16/05/2016	28			0,00	0,00	28	0,96	1,32	0,71	0,94	43,3	si	européo sulfatos
17/05/2016	27			0,00	0,00	27	1,00	1,21	1,32	1,76	35,5	si	européo sulfatos
18/05/2016	27			0,00	0,00	27	1,23	1,80	1,94	2,46	38,4	si	européo sulfatos
19/05/2016	24	17,63	4,21	13,77	57,36	10	1,72	1,92	2,26	2,81	27,6	si	européo sulfatos
20/05/2016	25	19,34	3,92	12,82	51,27	12	1,31	1,49	1,56	1,88	30,0	si	européo sulfatos
21/05/2016	22			0,00	0,00	22	1,35	1,59	1,89	2,46	45,4	si	européo sulfatos
22/05/2016	35			0,00	0,00	35	2,00	2,28	2,80	3,40	45,6	si	européo sulfatos
23/05/2016	28			0,00	0,00	28	1,51	1,99	2,08	2,70	32,1	si	européo sulfatos
24/05/2016	20	17,36	1,75	5,72	28,61	14	0,87	1,18	2,05	2,34	44,5	si	européo sulfatos
25/05/2016	27	21,98	5,2	17,00	62,98	10	1,52	2,05	2,43	3,28	32,6	si	européo sulfatos
26/05/2016	26	22,59	3,8	12,43	47,79	14	1,46	2,14	2,26	3,16	28,6	si	européo sulfatos
27/05/2016	21			0,00	0,00	21	0,65	0,99	1,07	1,29	49,8	si	européo sulfatos
28/05/2016	12	10,62	1,13	3,70	30,79	8	0,43	0,64	0,78	1,05	57,2	si	européo sulfatos
29/05/2016	20	18,19	3,67	12,00	60,00	8	0,76	1,06	1,36	1,76	50,0	si	européo sulfatos
30/05/2016	19			0,00	0,00	19	0,67	0,82	1,01	1,29	25,7	si	européo sulfatos
31/05/2016	24	22,6	1,72	5,62	23,44	18	0,87	1,16	0,89	1,05	47,7	si	européo sulfatos
01/06/2016	18	17,36	2,22	7,26	40,33	11	1,10	1,49	1,04	1,17	46,0		
02/06/2016	26	22,68	3,84	12,56	48,30	13	1,04	1,19	1,23	1,52	22,7	si	biomasa-sulfatos
03/06/2016	29	26,3	3,32	10,86	37,44	18	0,85	1,06	1,32	1,64	30,5	si	européo sulfatos
04/06/2016	22	18,89	1,41	4,61	20,96	17	0,59	0,76	0,90	1,05	24,2	si	européo sulfatos
05/06/2016	20	19,24	0,87	2,84	14,22	17	0,46	0,87	0,64	1,17	21,4	si	européo sulfatos

06/06/2016	22			0,00	0,00	22	1,08	1,32	1,75	2,23	34,2	si	europeso sulfatos
07/06/2016	28	28,5	4,51	14,75	52,67	13	0,94	1,21	1,42	1,76	18,8	si	europeso sulfatos
08/06/2016	28	26,65	3,01	9,84	35,15	18	0,70	0,88	1,12	1,41	25,7	si	europeso sulfatos
09/06/2016	23	19,8	2,33	7,62	33,13	15	0,66	0,91	1,06	1,52	22,9	si	europeso sulfatos
10/06/2016	17	15,61	3,7	12,10	71,17	5	0,79	0,95	1,34	1,64	29,9		
11/06/2016	17	13,41	1,89	6,18	36,35	11	0,72	1,07	1,20	1,88	42,2		
12/06/2016	17	16,24	3,16	10,33	60,78	7	1,05	1,18	1,71	1,99	34,8		
13/06/2016	21	21	5,41	17,69	84,24	3	1,49	1,85	2,22	2,70	45,9		
14/06/2016	28	27,14	6,47	21,16	75,56	7	1,70	2,04	2,51	3,05	64,1		
15/06/2016	30	24,24	5,49	17,95	59,84	12	2,01	2,76	2,65	3,40	42,4		
16/06/2016	43	37,58	11,22	36,69	85,32	6	2,53	2,91	3,30	3,63	44,7		
17/06/2016	41	34,81	9,63	31,49	76,81	10	2,02	2,40	2,45	2,81	36,9		
18/06/2016	26	21,06	5,52	18,05	69,42	8	1,45	1,77	1,67	2,11	36,2		
19/06/2016	18	11,97	2,01	6,57	36,52	11	0,89	1,19	0,95	1,17	31,3		
20/06/2016	21	17,75	3,41	11,15	53,10	10	1,06	1,45	1,26	1,99	23,8	si	europeso sulfatos
21/06/2016	18	14,73	2,47	8,08	44,87	10	1,51	1,90	1,88	2,34	27,3	si	europeso sulfatos
22/06/2016	21	17,81	3,49	11,41	54,34	10	1,22	1,32	1,52	1,76	30,0	si	europeso sulfatos
23/06/2016	19	15,14	3,31	10,82	56,97	8	1,40	1,56	1,61	1,88	30,5		
24/06/2016	19	16,18	2,31	7,55	39,76	11	1,46	1,75	1,42	1,76	48,2		
25/06/2016	19	9,18	3	9,81	51,63	9	1,30	1,55	1,21	1,41	49,3		
26/06/2016	20	15,49	3,95	12,92	64,58	7	1,38	1,54	1,25	1,41	49,3		
27/06/2016	16	9,88	3,01	9,84	61,52	6	0,88	1,04	0,72	1,05	51,9		
28/06/2016	23	19,76	4,21	13,77	59,86	9	1,15	1,53	1,09	1,41	28,5	si	combustión biomasa
29/06/2016	42	39,88	10,86	35,51	84,55	6	1,73	2,19	1,72	2,34	25,5		
30/06/2016	39	36,04	8,58	28,06	71,94	11	2,10	2,52	2,04	2,58	28,7		
01/07/2016	31	29	7,67	25,08	80,91	6	1,60	1,85	1,66	1,99	27,8		
02/07/2016	40	32,48	9,5	31,07	77,66	9	1,80	2,27	1,86	2,11	33,0		

03/07/2016	33			0,00	0,00	33	2,35	2,75	2,20	2,70	59,6	si	africanos
04/07/2016	27			0,00	0,00	27	1,99	2,29	1,91	2,23	58,3		
05/07/2016	20	17,05	2,16	7,06	35,32	13	1,40	1,60	1,50	1,64	54,2		
06/07/2016	28	24,91	2,51	8,21	29,31	20	1,22	1,45	1,53	1,76	38,2		
07/07/2016	31	26,93	2,3	7,52	24,26	23	0,92	1,12	1,08	1,41	33,0		
08/07/2016	21	16,88	1,03	3,37	16,04	18	0,68	0,93	0,91	1,17	23,3	si	africanos
09/07/2016	44	41,58	2,73	8,93	20,29	35	1,07	2,21	1,20	2,46	22,9		
10/07/2016	67	53	8,3	27,14	40,51	40	1,82	2,13	2,54	2,93	30,7		
11/07/2016	48	39,62	4,18	13,67	28,48	34	1,83	2,08	2,26	2,58	25,9		
12/07/2016	40	28,27	2,69	8,80	21,99	31	1,47	1,72	1,73	1,99	27,0		
13/07/2016	30	17,8	1,55	5,07	16,90	25	1,35	1,54	1,39	1,64	50,6		
14/07/2016	32	19,28	0,75	2,45	7,66	30	1,31	1,69	1,35	1,64	48,1		
15/07/2016	29	21,56	1,22	3,99	13,76	25	1,11	1,39	2,12	2,46	49,6		
16/07/2016	32	25,71	1,8	5,89	18,39	26	0,86	1,05	1,94	2,34	23,9		
17/07/2016	38	125,14	3,5	11,45	30,12	27	0,98	1,18	1,41	1,88	19,5	si	combustión biomasa
18/07/2016	52	112,11	6,61	21,61	41,57	30	1,27	1,53	1,30	1,64	27,8	si	biomasa-sulfatos-africano
19/07/2016	31	24,59	2,52	8,24	26,58	23	0,95	1,25	1,31	1,76	38,0	si	biomasa-sulfatos-africano
20/07/2016	24	19,06	2,03	6,64	27,66	17	0,69	0,81	1,00	1,17	27,2	si	combustión biomasa
21/07/2016	23	20,13	1,94	6,34	27,58	17	0,97	1,16	1,09	1,29	31,0	si	combustión biomasa
22/07/2016	24	21,72	2,91	9,52	39,65	14	1,25	1,85	1,47	2,11	36,1		
23/07/2016	22	19,11	2,45	8,01	36,42	14	1,25	1,58	1,37	1,88	43,6		
24/07/2016	20	16,6	1,7	5,56	27,80	14	1,08	1,45	0,95	1,17	46,2		
25/07/2016	30	13,66	1,45	4,74	15,81	25	1,07	1,42	0,98	1,29	56,4		
26/07/2016	24	21,98	2,48	8,11	33,79	16	1,47	1,70	1,53	1,76	60,6		
27/07/2016	21	12,8	1,96	6,41	30,52	15	0,96	1,17	0,97	1,29	44,7		
28/07/2016	--						1,06	1,28	1,03	1,17	48,7		
29/07/2016	18	13,57	1,83	5,98	33,25	12	1,19	1,43	1,22	1,52	46,3		

30/07/2016	23	18,58	3,1	10,14	44,07	13	1,30	1,47	1,41	1,52	37,9		
31/07/2016	18	13,33	1,03	3,37	18,71	15	0,88	1,04	1,01	1,29	39,3		
01/08/2016	19	10,51	1,04	3,40	17,90	16	0,67	0,78	0,70	0,82	36,2	si	combustión biomasa
02/08/2016	23	16,01	2,6	8,50	36,97	14	0,88	1,36	0,94	1,76	30,8	si	combustión biomasa
03/08/2016	56	48,11	12,46	40,74	72,76	15	1,73	2,17	2,03	2,34	28,6	si	combustión biomasa
04/08/2016	41	32,51	7,83	25,60	62,45	15	1,49	1,71	1,89	2,23	45,9		
05/08/2016	26	23,22	2,97	9,71	37,35	16	1,36	1,69	1,50	1,76	41,0		
06/08/2016	26	18,63	2,68	8,76	33,71	17	1,02	1,32	1,45	1,64	47,6		
07/08/2016	57	30,62	5,59	18,28	32,07	39	1,31	2,09	1,80	2,81	46,7		
08/08/2016	47	28,28	5,64	18,44	39,24	29	1,67	1,89	2,03	2,46	46,9	si	combustión biomasa
09/08/2016	50	26,17	7,71	25,21	50,42	25	1,75	2,25	2,02	2,58	64,0	si	combustión biomasa
10/08/2016	107	29,35	5,77	18,87	17,63	88	1,98	2,25	2,14	2,46	62,9	si	combustión biomasa
11/08/2016	75	19,46	2,84	9,29	12,38	66	1,39	1,65	1,71	2,11	51,5	si	combustión biomasa
12/08/2016	75	31,1	2,88	9,42	12,56	15	0,85	1,06	1,55	1,99	18,5	si	africanos
13/08/2016	59	51,87	1,34	4,38	7,43	32	0,59	0,67	0,95	1,29	20,6	si	biomasa-africanos
14/08/2016	37	31,26	0,88	2,88	7,78	34	0,61	0,76	0,87	1,17	20,1	si	biomasa-africanos
15/08/2016	27	21,31	0,81	2,65	9,81	24	0,81	1,10	0,97	1,17	24,7	si	biomasa-africanos
16/08/2016	36	29,01	1,87	6,11	16,99	30	0,58	0,95	1,04	1,41	28,5	si	biomasa-africanos
17/08/2016	43	31,64	4,02	13,15	30,57	30	1,53	1,91	1,95	2,58	32,6	si	combustión biomasa
18/08/2016	35	32,18	3,03	9,91	28,31	25	1,35	1,88	1,64	2,23	34,9		
19/08/2016	45	42,6	7,78	25,44	56,53	20	1,58	3,57	2,28	4,57	58,0		
20/08/2016	136	110,58	20,06	65,60	48,23	70	3,39	4,06	3,25	3,87	24,8		
21/08/2016	83	62,16	12,59	41,17	49,60	42	2,55	3,46	2,42	3,16	30,6		
22/08/2016	55	49,12	6,71	21,94	39,89	33	1,24	1,83	1,74	1,88	27,0		
23/08/2016	36	33,8	3,5	11,45	31,79	25	1,04	1,27	1,44	1,88	23,4	si	combustión biomasa
24/08/2016	43	41,45	6,68	21,84	50,80	21	1,39	2,18	1,46	1,99	28,0	si	combustión biomasa
25/08/2016	52	44,73	5,24	17,13	32,95	35	1,70	2,10	1,66	2,11	24,6	si	combustión biomasa

26/08/2016	33	30,59	4,18	13,67	41,42	19	1,31	1,53	1,32	1,64	33,2	si	combustión biomasa
27/08/2016	30	22,91	3	9,81	32,70	20	0,82	1,12	0,94	1,17	22,8	si	combustión biomasa
28/08/2016	69	60,72	10,32	33,75	48,91	35	1,71	2,20	2,05	2,93	20,8		
29/08/2016	31			0,00	0,00	31	1,33	2,09	1,39	1,99	48,5	si	combustión biomasa
30/08/2016	23	19,56	1,39	4,55	19,76	18	0,91	1,09	1,16	1,52	30,9	si	combustión biomasa
31/08/2016	--	34,64	2,66	8,70			1,09	1,89	1,31	1,88	49,4	si	combustión biomasa
01/09/2016	--	70,12	8,18	26,75			1,97	2,53	2,30	2,93	26,5	si	combustión biomasa
02/09/2016	41	39,17	4,23	13,83	33,74	27	1,27	1,56	1,44	1,88	34,5	si	combustión biomasa
03/09/2016	44	38,92	3,01	9,84	22,37	34	1,41	1,86	2,06	2,93	28,3	si	biomasa-africanos
04/09/2016	59	50,37	3,87	12,65	21,45	38	1,80	2,35	2,40	3,40	23,0	si	biomasa-sulfatos-africanos
05/09/2016	38	30,78	1,69	5,53	14,54	32	1,22	1,61	1,72	2,11	22,6	si	biomasa-africanos
06/09/2016	48	143,47	3,77	12,33	25,68	36	1,02	1,37	1,53	2,23	19,9	si	biomasa-africanos
07/09/2016	40	32,53	3,46	11,31	28,29	29	1,04	1,27	1,82	2,23	36,8	si	biomasa-africanos
08/09/2016	82	68,91	12,83	41,95	51,16	40	2,21	2,67	2,63	3,52	20,7	si	combustión biomasa
09/09/2016	32	28,23	2,42	7,91	24,73	24	1,68	2,49	1,85	2,11	35,5	si	combustión biomasa
10/09/2016	43	39,84	9,01	29,46	68,52	14	1,84	2,31	2,14	2,70	28,5	si	combustión biomasa
11/09/2016	41	33,64	5,43	17,76	43,31	23	2,25	2,68	2,34	2,81	26,6	si	combustión biomasa
12/09/2016	43	38,12	3,79	12,39	28,82	31	2,09	3,01	2,13	3,28	54,2	si	combustión biomasa
13/09/2016	43					43	2,36	2,84	2,83	3,16	53,7	si	combustión biomasa
14/09/2016	49					49	3,14	4,26	4,31	6,09			
15/09/2016	59	49,37	12,66	41,40	70,17	18	2,89	3,78	3,83	5,74			
16/09/2016	52	42,39	10,9	35,64	68,54	16	1,81	2,29	2,21	2,58			
17/09/2016	35	29,95	6,67	21,81	62,32	13	2,43	2,93	2,43	2,93			
18/09/2016	27	21,85	3,69	12,07	44,69	15	1,45	1,92	1,55	1,99			
19/09/2016	25	32,71	6,64	21,71	86,85	3	1,31	1,75	1,52	2,11			
20/09/2016	31	27,21	5,37	17,56	56,64	13	1,95	2,47	2,11	2,70			
21/09/2016	83	74,48	18,64	60,95	73,44	22	2,51	3,08	2,23	2,81		si	européo sulfatos

22/09/2016	95	84,85	21,58	70,57	74,28	24	2,19	2,71	2,12	2,81	23,3	si	européo sulfatos
23/09/2016	49	42,67	6,21	20,31	41,44	29	1,64	1,91	1,70	1,99	21,5		
24/09/2016	26	19,62	2,93	9,58	36,85	16	1,60	2,50	2,05	3,16	55,4		
25/09/2016	89	74,39	19,1	62,46	70,18	27	2,41	3,71	2,61	3,28	26,1		
26/09/2016	84	68,61	18,26	59,71	71,08	24	2,19	3,02	2,52	3,63	29,6		
27/09/2016	52	44,03	9,09	29,72	57,16	22	1,92	2,40	2,33	3,28	22,9		
28/09/2016	37	39,81	7,74	25,31	68,40	12	1,72	2,31	2,23	2,93	19,8		
29/09/2016	80	64,96	13,22	43,23	54,04	37	1,93	2,33	2,45	3,05	24,0		
30/09/2016	58	47,33	11,09	36,26	62,52	22	1,52	1,83	1,88	2,23	33,2	si	européo sulfatos
01/10/2016	42	30,34	6,45	21,09	50,22	21	1,77	2,24	2,02	2,46	32,5		
02/10/2016	29	22,32	4,12	13,47	46,46	16	1,85	2,31	1,93	2,34	20,1		
03/10/2016	37	33,13	4,98	16,28	44,01	21	1,44	2,77	1,76	3,05	20,4		
04/10/2016	43	36,17	5,16	16,87	39,24	26	2,45	2,97	2,96	3,75	28,2	si	combustión biomasa
05/10/2016	60	49,36	11,78	38,52	64,20	21	2,58	3,51	2,65	2,93	26,5	si	combustión biomasa
06/10/2016	--						1,56	1,94	1,84	2,11	25,4	si	combustión biomasa
07/10/2016	46	37,49	6,16	20,14	43,79	26	1,59	1,87	1,90	2,23	19,8	si	combustión biomasa
08/10/2016	36	28,5	4,84	15,83	43,96	20	1,75	2,15	1,94	2,23	40,9	si	combustión biomasa
09/10/2016	22	14,89	2,11	6,90	31,36	15	1,38	1,57	1,89	2,23	46,9	si	combustión biomasa
10/10/2016	26	22,23	1,86	6,08	23,39	20	1,15	1,45	1,86	2,23	19,8	si	combustión biomasa
11/10/2016	32	30,23	0,61	1,99	6,23	30	0,70	1,17	1,71	2,70	51,5	si	combustión biomasa
12/10/2016	33	32,12	3,96	12,95	39,24	20	1,59	2,09	2,92	3,40	30,7	si	combustión biomasa
13/10/2016	45	33	5,05	16,51	36,70	28	1,69	2,12	2,59	3,52	46,2		
14/10/2016	31	25,27	2,52	8,24	26,58	23	1,04	1,43	1,45	1,76	46,2		
15/10/2016	30	25,98	4,07	13,31	44,36	17	2,36	3,13	2,65	3,40	50,1		
16/10/2016	67	53,71	10,86	35,51	53,00	31	2,80	3,61	2,95	3,75	38,8		
17/10/2016	24	22,82	3,27	10,69	44,55	13	1,57	2,14	1,65	1,99	25,1		combustión biomasa
18/10/2016	26	26,67	4,08	13,34	51,31	13	1,47	1,97	1,63	1,88	43,7		combustión biomasa

19/10/2016	28	23,68	3,04	9,94	35,50	18	1,66	2,22	2,19	2,70	38,8		combustión biomasa
20/10/2016	29	21,72	3,4	11,12	38,34	18	1,74	2,11	2,45	2,70	44,5		combustión biomasa
21/10/2016	52	43,12	7,74	25,31	48,67	27	1,63	2,29	3,10	3,87	17,6		combustión biomasa
22/10/2016	44	39,21	3,1	10,14	23,04	34	1,82	2,97	2,42	3,28	61,7		
23/10/2016	22	15	2,16	7,06	32,11	15	1,81	3,68	2,65	4,92	68,1		
24/10/2016	54	46,74	8,88	29,04	53,77	25	3,16	3,97	3,23	4,10	33,9		
25/10/2016	56	51,04	8,39	27,44	48,99	29	2,12	2,60	2,13	2,70	24,3		
26/10/2016	48	47,16	6,38	20,86	43,46	27	1,42	1,71	1,55	1,88	17,6	si	africanos
27/10/2016	31	30,3	1,54	5,04	16,24	26	0,85	1,05	1,92	2,34	23,7	si	africanos
28/10/2016	43	41,79	3,41	11,15	25,93	32	1,11	1,23	1,97	2,23	18,7	si	africanos
29/10/2016	42	41,66	0,4	1,31	3,11	41	1,25	2,02	1,50	1,76	15,9	si	africanos
30/10/2016	40	39,06	3,44	11,25	28,12	29	1,36	1,80	1,55	1,88	20,1	si	africanos
31/10/2016	60	53,73	6,76	22,11	36,84	26	1,27	1,51	1,89	2,11	20,8	si	biomasa-africanos
01/11/2016	32	30,23	1,46	4,77	14,92	27	1,24	1,57	1,32	1,76	23,7	si	biomasa-sulfatos-africanos
02/11/2016	56	48,25	4,64	15,17	27,09	28	1,29	1,54	1,26	1,52	20,4	si	sulfatos-africano
03/11/2016	45	41,26	1,69	5,53	12,28	39	1,08	1,40	1,33	1,52	24,0	si	sulfatos-africano
04/11/2016	26	24,57	0,97	3,17	12,20	23	0,85	1,25	1,11	1,29	54,7	si	sulfatos-africano
05/11/2016	32	25,58	4,51	14,75	46,09	17	1,80	2,39	1,92	2,34	62,5		
06/11/2016	34	31,49	5,72	18,70	55,01	15	2,77	3,25	3,00	3,28	74,8		
07/11/2016	27	25,78	3,32	10,86	40,21	16	2,51	2,87	2,75	3,16	35,6		
08/11/2016	26	20,18	3,05	9,97	38,36	16	1,70	2,32	2,36	3,75	61,4		
09/11/2016	58	41,24	11,02	36,04	62,13	22	2,56	3,07	3,43	3,75	49,8		
10/11/2016	58	42,03	9,62	31,46	54,24	27	2,85	3,38	3,12	3,63	25,7		
11/11/2016	25	17,75	1,12	3,66	14,65	21	2,84	3,85	2,92	3,63	30,0		
12/11/2016	17	13,45	1,43	4,68	27,51	12	1,50	1,96	1,87	2,34	31,8	si	européo sulfatos
13/11/2016	20	13,4	2,47	8,08	40,38	12	1,63	1,83	1,91	2,34	37,8		
14/11/2016	24	17,68	3,18	10,40	43,33	14	1,52	1,71	1,72	1,99	41,3		

15/11/2016	30	22,83	2,73	8,93	29,76	21	1,25	1,50	1,68	1,99	31,0		
16/11/2016	35	30,76	2,82	9,22	26,35	26	1,39	1,67	1,64	1,99	23,7		
17/11/2016	51	43,72	4,94	16,15	31,67	35	2,38	4,71	2,64	4,22	33,2		
18/11/2016	94	77,96	9,93	32,47	34,54	62	5,31	6,88	5,88	7,15	43,1		
19/11/2016	61	45,28	10,2	33,35	54,68	28	4,44	6,01	5,19	5,86	100,9		
20/11/2016	50	38,86	8,88	29,04	58,08	21	3,43	4,07	4,40	5,63	69,5		
21/11/2016	62	50,51	14,84	48,53	78,27	13	4,17	4,73	4,82	5,86	67,0		
22/11/2016	28	21,87	3,37	11,02	39,36	17	3,54	4,15	3,77	4,57	36,0		
23/11/2016	29	22,75	3,83	12,52	43,19	16	2,65	3,42	2,78	3,87	43,4		
24/11/2016	25	18,61	3,18	10,40	41,59	15	2,75	3,38	3,23	4,10	56,1		
25/11/2016	18	13,81	0,98	3,20	17,80	15	2,02	3,27	2,23	3,87	38,4		
26/11/2016	22	18,58	1,11	3,63	16,50	18	1,47	1,78	2,29	2,93	23,7		
27/11/2016	31	26,72	1,7	5,56	17,93	25	1,20	1,39	2,15	2,70	20,1		
28/11/2016	35	29,63	2,09	6,83	19,53	28	1,34	1,71	2,12	2,34	38,1	si	sulfatos-africano
29/11/2016	31	24,59	1,5	4,91	15,82	26	1,49	1,62	2,01	2,34	20,8		
30/11/2016	24	20,36	0,54	1,77	7,36	22	1,32	1,40	1,61	1,88	28,6		
01/12/2016	32	27,16	1,15	3,76	11,75	28	1,01	1,40	1,35	1,52	30,0		
02/12/2016	30	26,85	0,58	1,90	6,32	28	0,71	0,91	1,13	1,29	21,2		
03/12/2016	18	15,62	0,21	0,69	3,82	17	0,68	1,21	1,51	2,23	38,4		
04/12/2016	18	15,46	0,85	2,78	15,44	15	0,91	1,13	1,66	1,88	31,8	si	combustión biomasa
05/12/2016	38	38,6	0,82	2,68	7,06	35	0,69	0,84	1,43	1,64	21,5	si	combustión biomasa
06/12/2016	22	17,96	0,48	1,57	7,13	20	0,48	0,69	0,92	1,17	22,9		
07/12/2016	26	22,89	0,51	1,67	6,41	24	0,95	1,29	1,75	2,81	40,9		
08/12/2016	20	15,72	0,39	1,28	6,38	19	1,22	1,37	2,26	2,58	37,8		
09/12/2016	22	21,62	0,67	2,19	9,96	20	1,06	1,41	2,46	3,52	47,6	si	combustión biomasa
10/12/2016	30	25,85	1,97	6,44	21,47	24	1,64	2,60	2,92	3,63	57,9	si	combustión biomasa
11/12/2016	41	33,16	3,31	10,82	26,40	30	2,00	2,74	2,36	2,93	40,9	si	africanos

12/12/2016	41	37,1	2,21	7,23	17,63	34	1,44	1,96	1,77	2,23	22,6	si	africanos
13/12/2016	36	33,88	0,96	3,14	8,72	33	1,52	2,12	2,32	2,93	59,1	si	africanos
14/12/2016	--						1,74	2,57	2,70	3,28	63,1	si	combustión biomasa
15/12/2016	36	30,44	5,9	19,29	53,59	17	2,00	3,19	3,41	4,22	67,0		
16/12/2016	77	64,36	18,54	60,63	78,73	16	4,43	5,35	5,72	6,45	58,9		
17/12/2016	57	47,99	10,07	32,93	57,77	24	3,36	4,52	4,36	6,68	27,9		
20/12/2016	57	40,05	9,16	29,95	52,55	27	2,86	4,07	4,17	4,92	34,2		
22/12/2016	78	61,33	15,45	50,52	64,77	27	3,80	4,67	4,70	5,98	34,6		
23/12/2016	105	77,51	21,05	68,83	65,56	36	3,70	5,29	4,75	6,56	29,6		
24/12/2016	109	83,81	22,91	74,92	68,73	34	2,35	4,42	3,98	4,69	20,8		
30/12/2016	53	48,88	4,46	14,58	27,52	38	1,90	2,20	2,16	2,58	23,3	si	combustión biomasa



**CALIDADE DO AIRE
DE GALICIA**