



Influencia del aerosol marino en la concentración de PM_{10} en A Coruña en 2019

Superaciones del valor límite diario de PM_{10} en la
estación de calidad del aire Torre de Hércules
(15030027)

Fecha de cierre de edición

El contenido de este documento de 45 páginas, refleja los datos y conclusiones con el grado de conocimiento disponible con fecha 22 de septiembre del 2020.

Aviso Legal

El contenido de esta publicación refleja los datos y conclusiones extraídas de la información disponible pero no supone, necesariamente, una posición oficial de la Xunta de Galicia o de otras instituciones españolas. Ni la Consellería de Medio Ambiente, Territorio e Vivenda ni la Xunta de Galicia son responsables de las actuaciones de persona alguna que actúe en nombre de las autoridades gallegas o del uso que se pueda hacer por terceros de la información contenida en este informe.

Aviso de los Derechos de Copia

© Xunta de Galicia. Consellería de Medio Ambiente, Territorio e Vivenda 2020.

La reproducción está autorizada siempre que se citen textos literales y se mencione la fuente, salvaguardando lo previsto por las leyes y los derechos intelectuales de terceros.

La información de medio ambiente en Galicia está disponible en Internet. Se puede acceder a ella por medio del portal de la Consellería de Medio Ambiente, Territorio e Vivenda en la dirección electrónica <http://medioambiente.xunta.es>, por medio del servidor de la Xunta de Galicia: www.xunta.es o directamente a través de la página <http://www.meteogalicia.gal/Caire>

Publicado originalmente en castellano en Santiago de Compostela: Consellería de Medio Ambiente, Territorio e Vivenda. Dirección Xeral de Calidade Ambiental, Sostibilidade e Cambio Climático, 2020.

Números de ISBN, ISSN y DOI no asignados.

Localización de la imagen de la portada

Ensenada del Orzán – A Coruña

Producción Ambiental

Esta publicación no dispone de versión impresa. Para la versión electrónica solo se recomienda su impresión en caso necesario y con el máximo aprovechamiento del papel posible.

@2020 Xunta de Galicia, Consellería de Medio Ambiente, Territorio e Vivenda
San Lázaro, s/n, 15781 Santiago de Compostela, A Coruña

Trabajamos para mejorar la información. Cualquier consulta o sugerencia de mejora puede ser comunicada en:

Teléfono: 881 999 751 Fax: 981 957 466

E-mail: caire-lmag.cmati@xunta.gal; calidade-aire.meteogalicia@xunta.gal

Web: www.meteogalicia.es/Caire

EQUIPO DE TRABAJO

Consellería de Medio Ambiente, Territorio e Vivenda
Dirección Xeral de Calidade Ambiental, Sostibilidade e Cambio Climático

María Luz Macho Eiras

Subdirectora Xeral de Meteoroloxía e Cambio Climático.

CALIDAD DEL AIRE:

Nuria Gallego Fernández

Jefa de Sección de Calidad del Aire

Anthony David Saunders Estévez

Técnico Superior de Calidad del Aire

Paula Costa Tomé

Técnico Superior de Calidad del Aire

Cristina Otero Martínez

Técnico Auxiliar de Calidad del Aire

LMAG:

Lucas Luis Blanes Fernández

Director del Laboratorio de Medio Ambiente de Galicia (LMAG)

Fátima Ruiz Iglesias

Técnico Superior de Laboratorio (LMAG)

Asunción Marchante Hernández

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

Erea Estévez Campos

Técnico Analista de Laboratorio (LMAG)

Mercedes Barriada Pereira

Técnico Superior de laboratorio (LMAG)

Tania Gómez Varela

Técnico Auxiliar de Laboratorio (LMAG)

Susana Reiriz Vázquez

Técnico Auxiliar de Laboratorio (LMAG)

David Cristóbal Rego

Técnico Auxiliar de Laboratorio (LMAG)

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. ANTECEDENTES.....	7
3. METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CONTRIBUCIÓN DE LA SAL MARINA EN LA FRACCIÓN PM10 DE LA MATERIA PARTICULADA	9
3.1. Cuantificación de los episodios de sal marina.....	10
4. ESTUDIO DE LA CONTRIBUCIÓN DEL AEROSOL MARINO EN LA CONCENTRACIÓN DE PM ₁₀ EN LA ESTACIÓN TORRE DE HÉRCULES EN 2019	12
4.1. Muestreo y determinación gravimétrica	12
4.2. Determinación de la concentración de Na ⁺ en los filtros muestreados	14
4.3. Cálculo de la concentración de aerosol marino y su descuento en la fracción PM ₁₀	15
4.4. Estudio de la dirección del viento y retrotrayectorias de las masas de aire.....	20
Anexo 1: Resultados de la concentración de PM ₁₀ y aerosol marino en los días de muestreo con captador de alto volumen en el año 2019 en la estación Torre de Hércules.....	24
Anexo 2: Retrotrayectorias de los días con superación del VLD de PM ₁₀ en la estación Torre de Hércules.....	31

1. INTRODUCCIÓN

La estación Torre de Hércules, junto con las estaciones Riazor, A Grela y San Pedro, 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 ambiente atmosférico de Galicia, se define aglomeración como el área con una concentración de población de más de 50.000 habitantes.

Tabla 1. Códigos de las estaciones de la zona Área Metropolitana de A Coruña.

	EOI station code	Local station code	Zone Code
Torre de Hércules	ES1957A	15030027	ES1219
Riazor	ES1138A	15030001	
A Grela	ES1798A	15030021	
San Pedro	ES2048A	15030028	

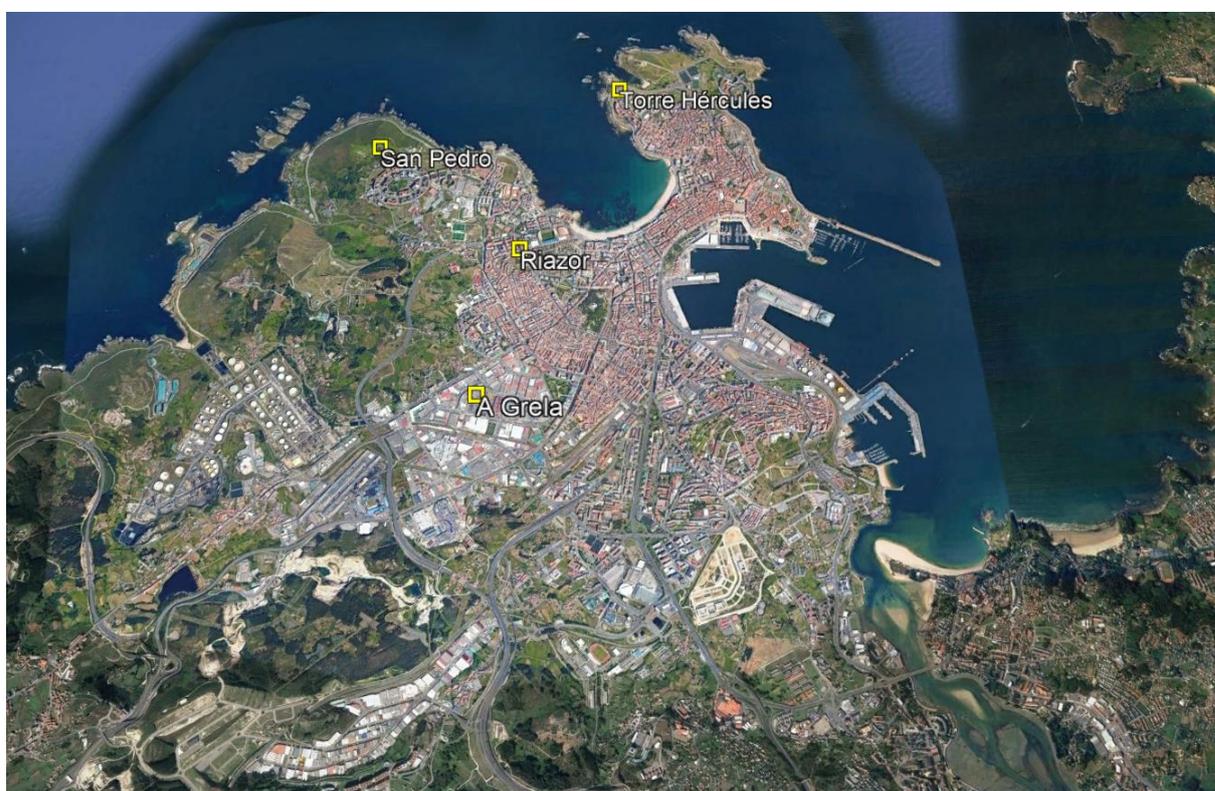


Imagen 1. Localización de las estaciones de calidad del aire del Área Metropolitana de A Coruña.

La estación Torre de Hércules es una estación de fondo suburbana, situada a 200 metros 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 se puede ver en la *Imagen 1*. En esta estación se realiza el cálculo del IME (índice de exposición media), según el anexo XIII del Real Decreto 102/2011.



Imagen 2. Localización de la estación de calidad del aire Torre de Hércules.

El primer año en que se superó en más de 35 ocasiones el valor límite diario (VLD) en esta estación fue en 2014. Inicialmente, el trabajo estuvo centrado en la búsqueda de las causas de las superaciones del VLD de PM₁₀ en A Coruña y, una vez encontradas, se planteó el objetivo explícito para dar cumplimiento al artículo 20 de la Directiva 2008/50/CE. La investigación de los hechos realizada concluyó que las superaciones eran atribuibles a una fuente natural, el aerosol marino. El informe del estudio realizado se puede consultar en:

https://www.meteogalicia.gal/datosred/infoweb/caire/informes/ESTUDIO/GL/Informe_Aerosol_Marino_Coruna.pdf

En los sucesivos años se repitió esta circunstancia y se aplicó 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 la Directiva 2008/50/CE relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa.

Los informes de los diversos estudios realizados a lo largo de los años se pueden consultar en la web de Meteogalicia, en el apartado informes de calidad del aire:

https://www.meteogalicia.gal/Caire/informesCaire.action?request_locale=es

2. ANTECEDENTES

Como se comentó anteriormente, fue en 2014 el primer año que se registraron más de 35 superaciones del VLD de PM₁₀ en la estación Torre de Hércules. En la *Tabla 2* se muestra el resumen de los datos obtenidos desde 2014 hasta 2019.

Tabla 2. Resumen estadístico de la concentración de PM10 en la estación Torre de Hércules, 2014-2019.

Año	SUP VLD (50 µg/m ³)	Media anual (µg/m ³)	Percentil 90,4	Datos válidos
2014	60	35	59	87,7 %
2015	63	37	60	97,3 %
2016	64	36	59	98,6 %
2017	47	35	57	98,1 %
2018	31	32	50	97,5 %
2019	56	34	58	97,0 %

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:

$$365 \text{ días del año menos } 35 \text{ días} = 330 \text{ días} \rightarrow 330/365 = 90,4 \%$$

El P90,4 indica el valor de una serie de datos ordenada de menor a mayor por debajo del cual se encuentra el 90,4 % de los datos de la serie y si el valor del percentil es superior al valor límite es cuando se precisa saber el número de veces que se supera el valor límite ese año.

En la *Tabla 2* se puede observar que, en el periodo de 2014 a 2019, únicamente en el año 2018 no se sobrepasó el VLD en más de 35 ocasiones.

Los estudios llevados a cabo consistieron en:

- Corroborar la veracidad de los datos, examinando exhaustivamente el estado de los analizadores y ejecutando mediciones paralelas, haciendo intercomparaciones.
- Comparativa de los registros de PM₁₀ en las estaciones de calidad del aire del Área Metropolitana de Coruña.
- Análisis y estudio de la contribución de las fuentes locales sobre los niveles de material particulado en suspensión en esta zona suburbana.
- Muestreo de PM₁₀ con captadores gravimétricos en Torre de Hércules y Riazor, y posterior análisis de Na⁺ en laboratorio.
- Caracterización de las condiciones meteorológicas analizando la relación entre las superaciones de PM₁₀ en la estación de Torre de Hércules respecto a:

- Dirección e intensidad del viento; estudiando el efecto conjunto de la agitación marina por las olas y la producción de la espuma marina debida al encrespamiento de las olas por vientos intensos.
- Altura de las olas para cotejar la relación entre altas concentraciones de PM₁₀ con olas de más de 3 m de altura.
- Análisis y comparación de la composición química del agua de lluvia, estudiando los resultados obtenidos en los puntos de muestreo de las estaciones Torre de Hércules y Riazor.
- Análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire con el modelo HYSPLIT y mapas de concentración de aerosoles NAAPS durante los episodios de superación del VLD.

En estos estudios se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Las elevadas concentraciones de PM₁₀ en Torre (estación de fondo suburbano), no se corresponden con las de Riazor (tráfico urbana), las de A Grela (industrial urbana) y San Pedro (industrial, suburbana).
- La concentración de PM₁₀ en otoño y en invierno en A Coruña es muy superior a la de primavera y verano. Este fenómeno se da en las tres estaciones de la ciudad, pero de manera más acusada en Torre de Hércules. La contribución del aerosol marino se da durante todo el año pero con diferente intensidad y esta decae al alejarnos del mar.
- Las mayores concentraciones de PM₁₀ se registran con vientos del NW, pero dada la particular localización de la estación Torre de Hércules, también cuando recibe vientos de componente S-SW está recibiendo aportes directamente del mar.
- Analizando los filtros muestreados en Torre de Hércules, se concluye que los aumentos de la concentración de PM₁₀ se corresponden con incrementos de la concentración de Na⁺.
- La mayor parte de las superaciones del VLD de PM₁₀ en Torre ocurren cuando las olas tienen una altura superior a 3 metros.
- El aumento de la concentración de sal marina en la fracción PM₁₀ del material particulado en Torre, no parece tener relación con la velocidad del viento, pero sí con la altura de las olas.
- En A Coruña, comparando con el resto de Galicia, el agua de lluvia está muy influenciada por la presencia del aerosol marino. Esto se comprobó analizando 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 (concentraciones en Torre de Hércules muy superiores a las de Riazor).
- 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.

- Tras aplicar los descuentos atribuibles al aerosol marino, en los días con superación del VLD en la estación Torre de Hércules, se reducen drásticamente las superaciones en todos los años.

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

Para determinar la contribución de la sal marina en PM10, seguimos el Documento de Trabajo de la Comisión del 15/02/2011⁽¹⁾, 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

⁽¹⁾https://www.miteco.gob.es/images/va/Directrices%20Comisi%C3%B3n-SEC%202008%20final-en_tcm39-186523.pdf

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.

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⁽²⁾ 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.

3.1. 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 3*.

Tabla 3. Composición iónica de la sal marina.

Ion	Valencia	Concentración (mg/kg)	% en peso	Peso molecular	Concentración (µmol/kg)
Cloruro (Cl ⁻)	-1	19345	55,03	33,453	546
Sodio (Na ⁺)	+1	10752	30,59	22,990	468
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	-2	2701	7,68	96,062	28,1
Magnesio (Mg ²⁺)	+2	1295	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

⁽²⁾ Consultar informe del aerosol marino del 2016 para ver con mayor detalle: https://www.meteogalicia.gal/datosred/infoweb/caire/informes/ESTUDIO/GL/Informe_Aerosol_Marino_Coruna_2016.pdf

Ion	Valencia	Concentración (mg/kg)	% en peso	Peso molecular	Concentración (μmol/kg)
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

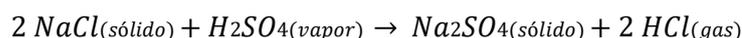
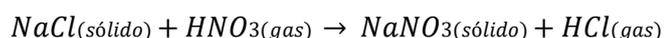
Los principales iones en las muestras de aerosol son cloruro, sodio, sulfato, magnesio, calcio y potasio, que se pueden analizar de forma rutinaria, por ejemplo, por medio de cromatografía iónica. Sabemos que el Na⁺ puede tener origen mineral (fracción insoluble), pero el Na⁺ soluble suele ser marino, sobre todo cuando se está tan cerca de la fuente, como es nuestro caso. El análisis de las retro trayectorias de las masas de aire se puede utilizar para validar esta hipótesis. Si tenemos en cuenta que todo el Na⁺ tiene origen marino primario, la fracción de otros iones en la sal marina se puede calcular utilizando las relaciones estequiométricas entre el Na⁺ y el resto de iones presentes en el agua de mar, como por ejemplo, de sulfato de sal marina (ssSO₄²⁻):

$$[ssSO_4^{2-}] = [Na^+] \cdot \frac{7,68}{30,59}$$

donde [Na⁺] es la masa de sodio medida y [ssSO₄²⁻] 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 3*. La suma de los [ss-Iones] es el aporte de sal marina a la concentración total de PM₁₀. 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 HNO₃ y H₂SO₄:



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 consideren los sesgos potenciales.

Un método más sencillo y ampliamente utilizado para calcular la contribución de sal marina, considera solo 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 todo Na⁺ y Cl⁻ se asocian en cloruro de sodio. Por lo tanto, de acuerdo con la composición del agua de mar:

$$Sal\ marina = \frac{100}{55} \cdot [Cl^-] = 1,8 \cdot [Cl^-]$$

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

$$Sal\ marina = ([Na^+] + [Cl^-]) \cdot 1,168$$

La masa de la sal marina calculada con estos procedimientos se puede descontar de la media diaria de PM₁₀ en ese punto de muestreo.

4. ESTUDIO DE LA CONTRIBUCIÓN DEL AEROSOL MARINO EN LA CONCENTRACIÓN DE PM₁₀ EN LA ESTACIÓN TORRE DE HÉRCULES EN 2019

Teniendo en cuenta que todos los estudios previos han demostrado la importante contribución del aerosol marino en la concentración de PM₁₀ en la estación Torre de Hércules, para el año 2019 se ha estudiado dicha contribución mediante la toma de muestras de PM₁₀ con un equipo gravimétrico, análisis del ion sodio en el laboratorio y el tratamiento de datos de dichos resultados. Además se han trazado las retro trayectorias de las masas de aire dejando constancia de las principales direcciones del viento cuando se producen las mayores concentraciones de material particulado de diámetro inferior a 10 μm.

4.1. Muestreo y determinación gravimétrica

Desde finales del 2014 hay instalado un captador gravimétrico de alto volumen en la estación Torre de Hércules para muestrear PM₁₀ con el objetivo de analizar la concentración de Na⁺ en estos filtros y aplicar la metodología de descuentos. Este equipo, Digitel DHA-80, realizó el muestreo durante todo el año 2019.



Imagen 3. Captador Digitel DHA-80 instalado en Torre de Hércules para muestreo de PM₁₀.

El Laboratorio de Medio Ambiente de Galicia (LMAG), perteneciente a la Subdirección Xeral de Meteoroloxía e Cambio Climático, realiza el pretratamiento de los filtros, el muestreo, el tratamiento posterior de los filtros y la determinación gravimétrica. El LMAG está acreditado por la ENAC para realizar este procedimiento según la norma UNE-EN 12341 (Expediente 306/LE649 Ensayos en el sector medioambiental).



Imagen 4. Sala de balanzas del LMAG con temperatura y humedad controladas.

La campaña de muestreo se realizó entre el 01/01/2019 y el 31/12/2019. El equipo cuenta con un cargador para el análisis secuencial de 15 filtros. El tiempo de muestreo de cada filtro es de 24 horas, desde las 00:00 hasta las 00:00 horas (hora UTC). Cuando se realiza la retirada del cargador con los filtros muestreados se comprueba el correcto funcionamiento del equipo, se realizan tareas de limpieza y se programa el nuevo muestreo.

Como elemento de retención se utilizaron filtros de fibra de cuarzo de 150 mm de diámetro, acondicionados durante 48 horas antes de la pesada en la sala de balanzas a $20 \pm 1^\circ\text{C}$ de temperatura y 40 – 50 % de humedad relativa.

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 de 150 mm cambiaron menos de 500 μg 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 menor de 500 μg .

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 PM_{10} se calcula por diferencia entre el filtro antes y después del muestreo. Los resultados obtenidos quedan registrados en la base de datos.

Los cálculos necesarios para la intercomparación e interpretación de los resultados son realizados por la Red de Calidad del Aire de Galicia. Teniendo en cuenta la Norma UNE-EN 16450 "Aire ambiente. Sistemas automáticos de medida para la medición de la concentración de materia particulada ($\text{PM}_{10}:\text{PM}_{2,5}$) se demostró la equivalencia entre el método de referencia (captador gravimétrico utilizado en el muestreo) y el sistema automático de medida (equipo de absorción beta MET ONE BAM 1020), estableciéndose la función de corrección.

4.2. Determinación de la concentración de Na^+ en los filtros muestreados

El LMAG es el encargado de llevar a cabo el análisis de la concentración de Na^+ en los filtros muestreados siguiendo el método descrito a continuación:

- Se corta una porción de filtro de área conocida y se extrae con agua Milli-Q en horno microondas. El volumen empleado no será inferior a 10 mL, y la extracción se realizará durante 10 min a 50 °C.
- Posteriormente, se filtra con un filtro de jeringa de PTFE de 0,45 μm de tamaño de poro.
- Se analiza el extracto por cromatografía iónica. Los cationes se determinan con el cromatógrafo iónico 930 Compact IC Flex que se muestra en la *Imagen 5*, empleando como fase móvil ácido nítrico.



Imagen 5. Cromatógrafo iónico 930 Compact IC Flex del LMAG.

En la *Tabla 4* se muestra el resumen estadístico de los resultados obtenidos de la concentración de Na^+ .

Tabla 4. Estadísticos de la concentración de Na^+ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en PM_{10} en la estación Torre de Hércules durante 2019.

[Na^+] en PM_{10} estación Torre de Hércules, año 2019	
Promedio	5,0
Desviación estándar	4,2
Máximo	35
Mínimo	0,19
nº. datos	325

4.3. Cálculo de la concentración de aerosol marino y su descuento en la fracción PM_{10}

Una vez conocida la concentración del ion sodio (Na^+) en cada muestra, la Red de Calidad del Aire de Galicia realiza los cálculos de la concentración de sal marina. Para ello se utiliza la siguiente ecuación mencionada en el apartado 3.1.:

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

Se calcula el porcentaje de aerosol marino que hay en PM_{10} y la concentración atribuible a la sal marina se descuenta de la concentración de PM_{10} . Una vez realizados los descuentos se comprueba cuántas superaciones se mantienen del VLD establecido en $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

En el *Anexo 1* se muestran todos los resultados obtenidos en la campaña realizada en 2019, figurando las concentraciones diarias de PM_{10} obtenidas con el equipo gravimétrico y con el equipo automático,

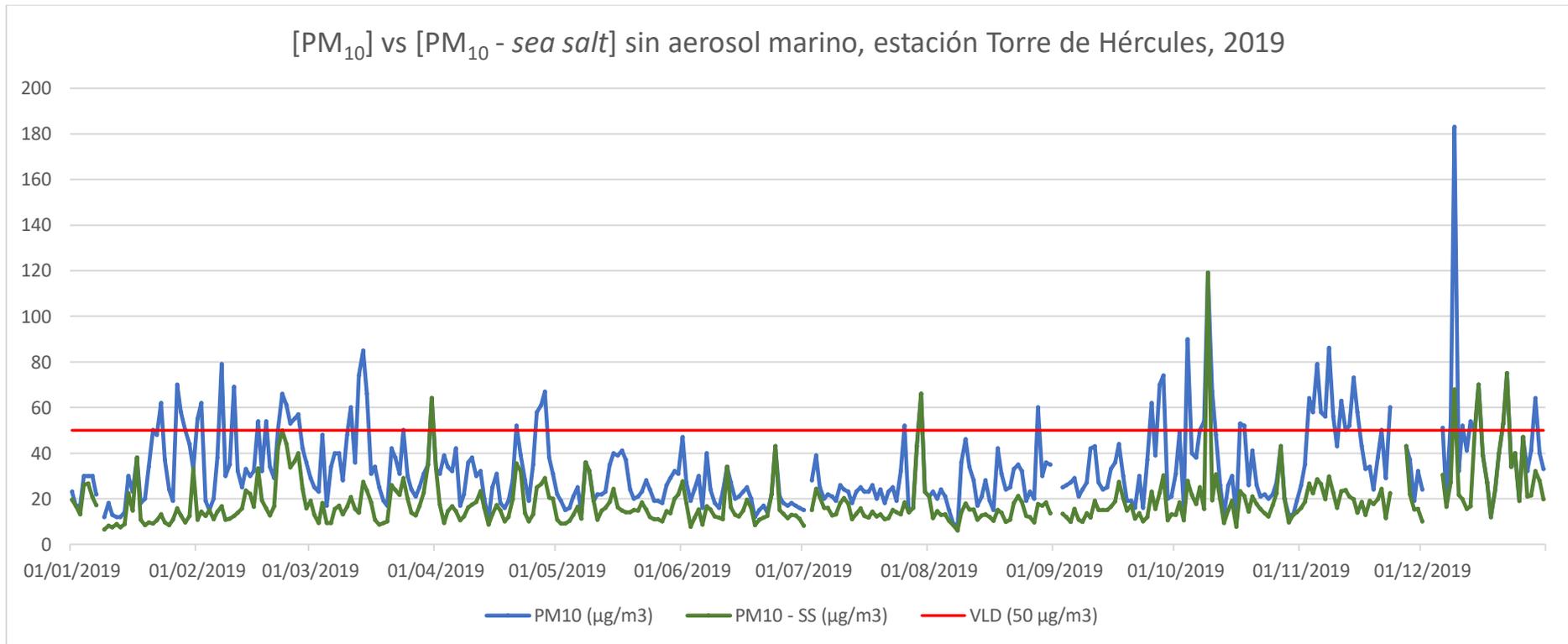
la concentración del ion sodio (Na^+) obtenida en cada filtro muestreado y analizado, la concentración de sal marina calculada, el porcentaje de sal marina en PM_{10} y la concentración de PM_{10} obtenida tras realizar el descuento de la concentración de sal marina.

En la *Tabla 5* se puede consultar el estadístico de la concentración de PM_{10} en Torre de Hércules durante 2019 antes y después del descuento del aerosol marino. En la columna PM_{10} se indican los datos sin descuentos y en la columna $\text{PM}_{10} - \text{SS}$ se indican los datos una vez restada la sal marina (*ss: sea salt*) a la concentración de PM_{10} .

Tabla 5. Estadístico de PM_{10} en Torre de Hércules antes y después del descuento de la sal marina, año 2019.

Torre de Hércules 15030027, ES1957A	PM_{10}	$\text{PM}_{10} - \text{SS}$
Media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	34	19
SUP. 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	56	7
SUP. 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	122	24
SUP. 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	207	55
P90,4	58	31
P99,9	160	103
P98	75	50
P95	66	40
P75	41	21
P50	30	16
Máximo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	183	119
nº. datos	354	354
nº. datos <i>ss (sea salt)</i>	--	325

En 2019 se produjeron 56 superaciones del VLD (establecido en $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en la estación Torre de Hércules. Tras los descuentos realizados del aerosol marino en la fracción PM_{10} se obtuvieron 7 superaciones del VLD; de estas 7 hay 6 días de los que no se dispone de muestra del equipo gravimétrico por lo que no se ha podido analizar el ion sodio para el cálculo del aerosol marino. La superación restante corresponde al día 09/12/2019 cuya concentración de PM_{10} fue de $183 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y tras el descuento de $115 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de aerosol marino, la concentración se quedó en $68 \mu\text{g}/\text{m}^3$, por lo tanto se mantuvo la superación del VLD pese a la gran concentración descontada de aerosol marino. Esto se puede observar en la *Gráfica 1* donde se ha representado la comparativa de la concentración diaria de PM_{10} antes y después del descuento de aerosol marino y en la *Tabla 6* donde se muestra para todos los días con superación del VLD la concentración de Na^+ y sal marina, el porcentaje de sal marina que hay en la fracción PM_{10} y la concentración de PM_{10} tras restar la contribución de la sal marina.



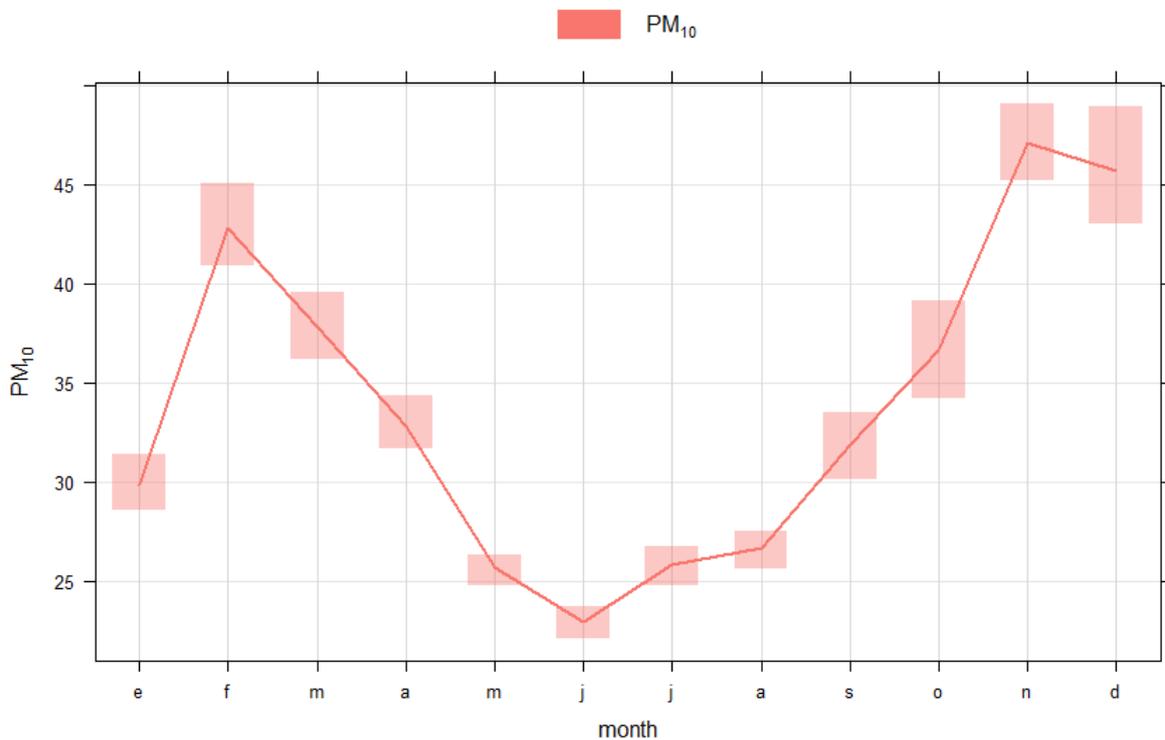
Gráfica 1. Concentración de PM₁₀ sin descuentos frente a concentración de PM₁₀ con descuento del aerosol marino. Torre de Hércules, 2019.

Tabla 6. Concentración de Na⁺ y aerosol marino y superaciones del VLD antes y después de los descuentos.

Fecha	[PM10] (µg/m ³)	[Na ⁺] (µg/m ³)	[Sea Salt] (µg/m ³)	% Sea Salt	[PM10 - SS] (µg/m ³)
23/01/2019	62	14,92	48,8	78,7	13
27/01/2019	70	16,57	54,2	77,4	16
28/01/2019	58	13,84	45,3	78,0	13
01/02/2019	55	13,50	44,1	80,3	11
02/02/2019	62	14,59	47,7	77,0	14
07/02/2019	79	19,04	62,3	78,8	17
10/02/2019	69	17,29	56,5	81,9	12
16/02/2019	54	6,35	20,8	38,5	33
18/02/2019	54	11,69	38,2	70,8	16
22/02/2019	66	4,97	16,3	24,6	50
23/02/2019	61	5,21	17,0	27,9	44
24/02/2019	53	5,92	19,4	36,5	34
25/02/2019	55	5,70	18,6	33,9	36
26/02/2019	57	5,19	17,0	29,8	40
11/03/2019	60	12,02	39,3	65,5	21
13/03/2019	74	18,36	60,0	81,1	14
14/03/2019	85	17,62	57,6	67,8	27
15/03/2019	66	12,95	42,3	64,2	24
31/03/2019	64	--	--	--	64
21/04/2019	52	5,07	16,6	31,9	35
26/04/2019	58	10,07	32,9	56,8	25
27/04/2019	61	10,61	34,7	56,9	26
28/04/2019	67	11,59	37,9	56,6	29
26/07/2019	52	10,32	33,7	64,9	18
30/07/2019	66	--	--	--	66
28/08/2019	60	12,94	42,3	70,5	18
25/09/2019	62	11,91	38,9	62,8	23
27/09/2019	70	14,47	47,3	67,6	23
28/09/2019	74	13,42	43,9	59,3	30
04/10/2019	90	19,01	62,2	69,1	28
08/10/2019	54	11,78	38,5	71,3	15
09/10/2019	119	--	--	--	119
10/10/2019	67	14,58	47,7	71,2	19
17/10/2019	53	9,10	29,8	56,1	23
18/10/2019	52	9,43	30,8	59,3	21
03/11/2019	64	11,43	37,4	58,4	27
04/11/2019	58	10,88	35,6	61,3	22
05/11/2019	79	15,42	50,4	63,8	29
06/11/2019	58	9,63	31,5	54,3	27
07/11/2019	56	11,11	36,3	64,9	20
08/11/2019	86	17,20	56,2	65,4	30
09/11/2019	56	10,20	33,4	59,6	23
11/11/2019	63	12,11	39,6	62,9	23
13/11/2019	52	9,49	31,0	59,7	21
14/11/2019	73	16,31	53,3	73,1	20
15/11/2019	58	13,47	44,0	75,9	14
23/11/2019	60	11,49	37,6	62,6	22

Fecha	[PM10] ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	[Na ⁺] ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	[Sea Salt] ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	% Sea Salt	[PM10 - SS] ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
06/12/2019	51	5,96	19,5	39,0	31
08/12/2019	54	8,22	26,9	49,8	27
09/12/2019	183	35,23	115,2	63,0	68
11/12/2019	52	9,83	32,1	61,8	20
13/12/2019	54	11,38	37,2	68,9	17
15/12/2019	70	--	--	--	70
21/12/2019	53	--	--	--	53
22/12/2019	75	--	--	--	75
29/12/2019	64	9,77	31,9	49,9	32

En la *Gráfica 2* se ha representado las medias mensuales de PM₁₀ del año 2019. Se puede observar como las mayores concentraciones de PM₁₀ son en los meses de invierno y otoño, registrándose las medias más altas en noviembre y diciembre. En esos meses se produjeron grandes temporales provocando que llegase mucho aerosol marino a la estación.



Gráfica 2. Concentración media mensual de PM₁₀ en estación Torre de Hércules en 2019.

4.4. Estudio de la dirección del viento y retro trayectorias de las masas de aire

En la *Imagen 6* se representa mediante un código de colores las concentraciones diarias de PM_{10} en 2019 en la estación Torre de Hércules y, a su vez, se representa mediante una flecha la dirección e intensidad del viento predominante de cada día. En aquellos casos en que no hay flecha se debe a días de viento en calma; cuánto más intenso sea el viento más larga es la flecha. Los días con superación del valor límite diario aparecen en rojo; los días en blanco son de los que no se dispone de media diaria de PM_{10} .

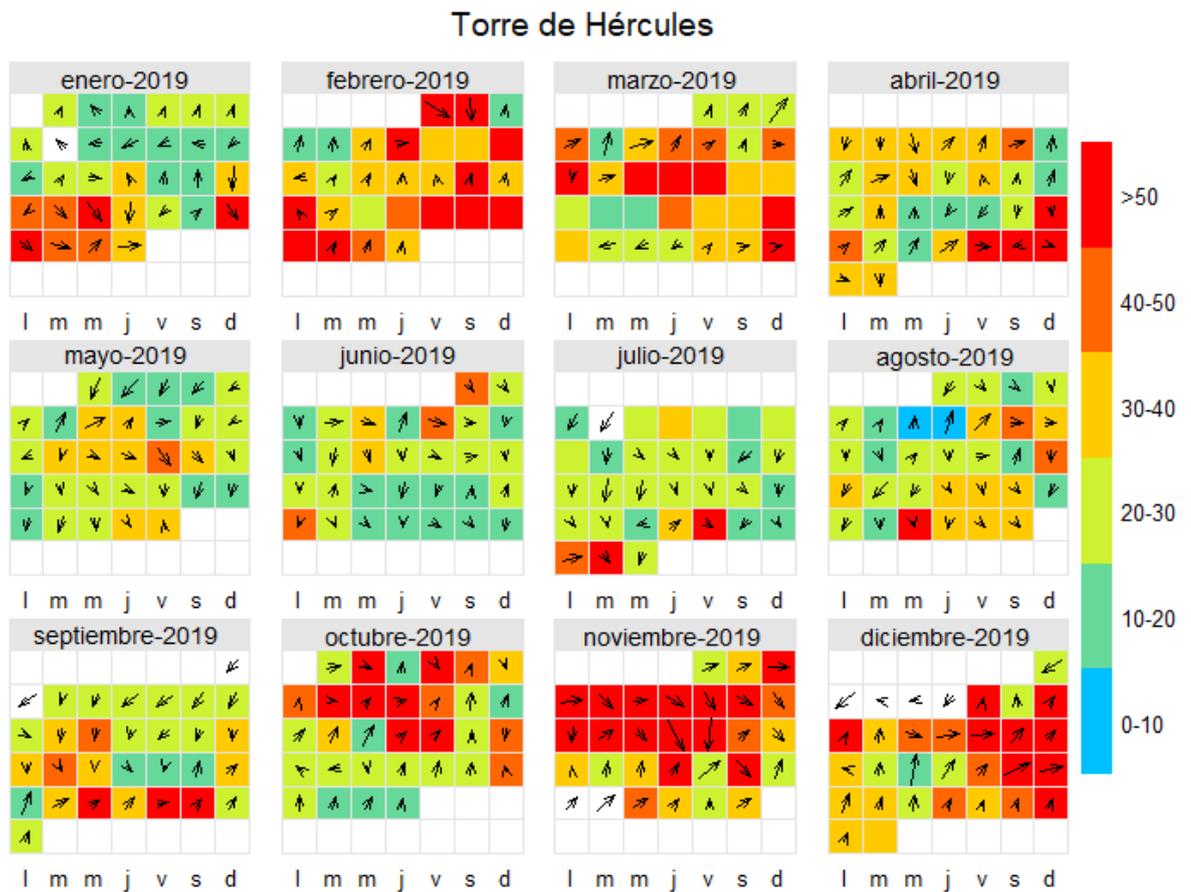
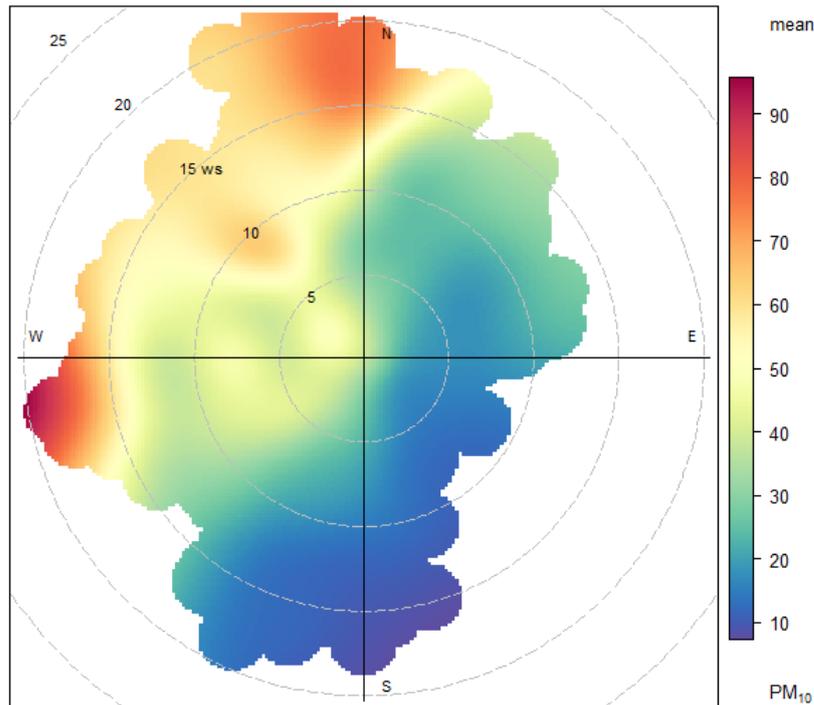


Imagen 6. Representación de concentración diaria de PM_{10} , dirección e intensidad del viento. Estación Torre de Hércules, 2019.

En la *Gráfica 3* se ha representado mediante coordenadas polares la dirección e intensidad del viento y las concentraciones de PM_{10} en 2019 en la estación Torre de Hércules. Se puede apreciar claramente que las mayores concentraciones de PM_{10} se han dado con vientos procedentes del Norte y Noroeste y con vientos procedentes del Suroeste. Dada la particular localización de esta estación cuando recibe vientos en esas direcciones está recibiendo aporte directamente del mar. Esto coincide con lo detectado en los años anteriores.



Gráfica 3. Representación en coordenadas polares de la concentración de PM₁₀, dirección e intensidad del viento en la estación Torre de Hércules en 2019.

A continuación, en la *Tabla 7* se muestra el resultado del estudio de los vientos en los días con superación del VLD de PM₁₀ en la estación Torre de Hércules. Para ello, se han utilizado las estaciones meteorológicas de MeteGalicia de Dique, Bens y Punta Langosteira, centrándonos principalmente en Bens que es la más cercana. Además, en aquellos días en los que la concentración de PM₁₀ en Torre de Hércules se ha visto afectada por las intrusiones de polvo sahariano transcurridas en 2019, se ha indicado la concentración de PM₁₀ final tras los descuentos de aerosol marino y de polvo sahariano.

Para ver las direcciones de las masas de aire representadas se han realizado las retrotrayectorias para cada uno de los casos. Son retrotrayectorias de 12 horas hacia atrás con Hysplit en donde se indican tres puntos de inicio a tres alturas: 5, 10 y 100 metros. Para realizar las retrotrayectorias se empleó como meteorología el GDAS (Global Data Assimilation System). Las retrotrayectorias se pueden consultar en el *Anexo 2*. En algunos días hay ligeras discrepancias con el resultado obtenido en la *Tabla 7* y la retrotrayectoria correspondiente, lo cual es debido a que se ha utilizado distinta meteorología para dichos estudios y eran casos de vientos flojos debido a lo cual aumenta la probabilidad de diferencias en las mediciones meteorológicas.

Tabla 7. Caracterización del viento en los días de superación del VLD de PM10 en Torre de Hércules.

Fecha	[PM10] ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	[PM10 - SS] ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	[PM10] tras descuento Intrusión Sahariana ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Dirección viento predominante	Dirección racha de viento	Intensidad del viento
23/01/2019	62	13	--	NO	NO	Moderado
27/01/2019	70	16	--	NO	N	Moderado
28/01/2019	58	13	--	NO	NO	Moderado
01/02/2019	55	11	--	N	NO	Muy fuerte
02/02/2019	62	14	--	N	N	Moderado
07/02/2019	79	17	--	O	NO	Flojo
10/02/2019	69	12	--	NO	SO	Moderado
16/02/2019	54	33	22	S	S	Flojo
18/02/2019	54	16	--	NO	N	Flojo
22/02/2019	66	50	27	S	S	Flojo
23/02/2019	61	44	19	SE	S	Flojo
24/02/2019	53	34	17	S	S	Flojo
25/02/2019	55	36	17	S	S	Flojo
26/02/2019	57	40	22	S	S	Flojo
11/03/2019	60	21	--	N	E	Flojo
13/03/2019	74	14	--	N	N	Moderado
14/03/2019	85	27	--	O	NO	Flojo
15/03/2019	66	24	--	N	NO	Flojo
31/03/2019	64	64	--	NE	O	Flojo
21/04/2019	52	35	--	N	N	Flojo
26/04/2019	58	25	--	O	NO	Flojo
27/04/2019	61	26	--	N	N	Flojo
28/04/2019	67	29	--	NE	NE	Flojo
26/07/2019	52	18	--	O	O	Flojo
30/07/2019	66	66	--	NO	NO	Flojo
28/08/2019	60	18	--	N	N	Flojo
25/09/2019	62	23	--	S	SO	Flojo
27/09/2019	70	23	--	O	NO	Flojo
28/09/2019	74	30	--	S	S	Flojo
04/10/2019	90	28	--	NO	O	Flojo

Fecha	[PM10] ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	[PM10 - SS] ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	[PM10] tras descuento Intrusión Sahariana ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Dirección viento predominante	Dirección racha de viento	Intensidad del viento
08/10/2019	54	15	--	O	NO	Flojo
09/10/2019	119	119	--	O	O	Flojo
10/10/2019	67	19	--	S	NO	Flojo
17/10/2019	53	23	--	SO	O	Flojo
18/10/2019	52	21	--	SO	O	Flojo
03/11/2019	64	27	--	SO	NO	Moderado
04/11/2019	58	22	--	O	O	Moderado
05/11/2019	79	29	--	NO	NO	Moderado
06/11/2019	58	27	--	NO	NO	Moderado
07/11/2019	56	20	--	NO	NO	Moderado
08/11/2019	86	30	--	NO		Moderado
09/11/2019	56	23	--	NO		Moderado
11/11/2019	63	23	--	N	N	Moderado
13/11/2019	52	21	--	O	NO	Moderado
14/11/2019	73	20	--	N	NO	Muy fuerte
15/11/2019	58	14	--	N	N	Muy fuerte
23/11/2019	60	22	--	NO	NO	Moderado
06/12/2019	51	31	28	S	S	Flojo
08/12/2019	54	27	--	SO	SO	Flojo
09/12/2019	183	68	--	S	SO	Flojo
11/12/2019	52	20	--	O	O	Moderado
13/12/2019	54	17	--	O	O	Moderado
15/12/2019	70	70	--	SO	O	Flojo
21/12/2019	53	53	--	O	O	Muy fuerte
22/12/2019	75	75	--	O	O	Moderado
29/12/2019	64	32	--	SE	SE	Flojo

Anexo 1: Resultados de la concentración de PM₁₀ y aerosol marino en los días de muestreo con captador de alto volumen en el año 2019 en la estación Torre de Hércules.

Fecha muestreo	PM ₁₀ Torre (µg/m ³)		[Na ⁺] (µg/m ³)	[Sea Salt] (µg/m ³)	% Sea Salt en PM10		PM ₁₀ (SAM) menos SS (µg/m ³)
	SAM	CAV			SAM	CAV	
01/01/2019	23	27	1,07	3,5	15	13	20
03/01/2019	17	19	1,17	3,8	23	20	13
04/01/2019	30	35	1,2	3,9	13	11	26
05/01/2019	30	35	1,04	3,4	11	10	27
06/01/2019	30	33	2,84	9,3	31	28	21
07/01/2019	22	24	1,49	4,9	22	20	17
08/01/2019	--	15	0,77	2,5		17	--
09/01/2019	12	12	1,65	5,4	45	45	7
10/01/2019	18	19	3,01	9,8	55	52	8
11/01/2019	13	13	1,69	5,5	43	43	7
12/01/2019	12	10	0,97	3,2	26	32	9
13/01/2019	12	10	1,39	4,5	38	45	7
14/01/2019	14	12	1,58	5,2	37	43	9
15/01/2019	30	35	2,36	7,7	26	22	22
16/01/2019	23	22	2,51	8,2	36	37	15
18/01/2019	18	20	2,21	7,2	40	36	11
19/01/2019	20	19	3,53	11,5	58	61	8
20/01/2019	34	31	7,5	24,5	72	79	9
21/01/2019	50	53	12,47	40,8	82	77	9
22/01/2019	48	49	11,45	37,4	78	76	11
23/01/2019	62	60	14,92	48,8	79	81	13
24/01/2019	37	35	8,4	27,5	74	78	10
25/01/2019	24	22	4,75	15,5	65	71	8
26/01/2019	19	17	2,49	8,1	43	48	11
27/01/2019	70	69	16,57	54,2	77	79	16
28/01/2019	58	57	13,84	45,3	78	79	13
29/01/2019	50	50	12,35	40,4	81	81	10
30/01/2019	44	41	9,63	31,5	72	77	13
01/02/2019	55	56	13,5	44,1	80	79	11
02/02/2019	62	60	14,59	47,7	77	80	14
03/02/2019	19	18	2,03	6,6	35	37	12
05/02/2019	20	19	2,72	8,9	44	47	11
06/02/2019	38	38	7,26	23,7	62	62	14
07/02/2019	79	79	19,04	62,3	79	79	17
08/02/2019	30	29	5,88	19,2	64	66	11
09/02/2019	35	33	7,29	23,8	68	72	11
10/02/2019	69	71	17,29	56,5	82	80	12
11/02/2019	32	30	5,54	18,1	57	60	14
12/02/2019	25	26	2,82	9,2	37	35	16
13/02/2019	33	34	2,85	9,3	28	27	24
14/02/2019	30	34	2,41	7,9	26	23	22
15/02/2019	32	45	4,72	15,4	48	34	17
16/02/2019	54	54	6,35	20,8	38	38	33
17/02/2019	32	31	3,9	12,8	40	41	19

Fecha muestreo	PM ₁₀ Torre (µg/m ³)		[Na ⁺] (µg/m ³)	[Sea Salt] (µg/m ³)	% Sea Salt en PM10		PM ₁₀ (SAM) menos SS (µg/m ³)
	SAM	CAV			SAM	CAV	
18/02/2019	54	51	11,69	38,2	71	75	16
19/02/2019	34	35	6,49	21,2	62	61	13
20/02/2019	29	31	3,76	12,3	42	40	17
21/02/2019	50	55	2,33	7,6	15	14	42
22/02/2019	66	71	4,97	16,3	25	23	50
23/02/2019	61	60	5,21	17,0	28	28	44
24/02/2019	53	55	5,92	19,4	37	35	34
25/02/2019	55	56	5,7	18,6	34	33	36
26/02/2019	57	57	5,19	17,0	30	30	40
27/02/2019	42	38	5,43	17,8	42	47	24
28/02/2019	36	34	6,22	20,3	56	60	16
01/03/2019	29	21	3,03	9,9	34	47	19
02/03/2019	25	24	3,67	12,0	48	50	13
03/03/2019	23	26	4,19	13,7	60	53	9
04/03/2019	48	46	9,17	30,0	62	65	18
05/03/2019	17	18	2,32	7,6	45	42	9
06/03/2019	34	39	7,57	24,8	73	63	9
07/03/2019	40	37	7,46	24,4	61	66	16
08/03/2019	40	38	7,03	23,0	57	60	17
09/03/2019	28	28	4,58	15,0	53	53	13
10/03/2019	48	48	9,62	31,5	66	66	17
11/03/2019	60	62	12,02	39,3	66	63	21
12/03/2019	36	36	6,26	20,5	57	57	16
13/03/2019	74	84	18,36	60,0	81	71	14
14/03/2019	85	84	17,62	57,6	68	69	27
15/03/2019	66	65	12,95	42,3	64	65	24
16/03/2019	31	27	3,87	12,7	41	47	18
17/03/2019	34	32	7,07	23,1	68	72	11
18/03/2019	25	24	5,03	16,4	66	69	9
19/03/2019	19	16	2,98	9,7	51	61	9
20/03/2019	17	13	2,15	7,0	41	54	10
21/03/2019	42	38	4,93	16,1	38	42	26
22/03/2019	38	37	4,32	14,1	37	38	24
23/03/2019	31	31	2,89	9,5	30	30	22
24/03/2019	50	47	6,42	21,0	42	45	29
25/03/2019	30	30	3,02	9,9	33	33	20
26/03/2019	24	24	3,12	10,2	43	43	14
27/03/2019	21	22	2,57	8,4	40	38	13
28/03/2019	25	27	2,54	8,3	33	31	17
29/03/2019	31	30	2,6	8,5	27	28	22
02/04/2019	31	28	4,19	13,7	44	49	17
03/04/2019	39	41	9,09	29,7	76	72	9
04/04/2019	34	32	5,91	19,3	57	60	15
05/04/2019	32	28	4,67	15,3	48	55	17
06/04/2019	42	43	8,41	27,5	65	64	14
07/04/2019	17	16	1,99	6,5	38	41	10
08/04/2019	22	21	2,98	9,7	44	46	12
09/04/2019	36	32	6,03	19,7	55	62	16
10/04/2019	38	34	6,28	20,5	54	60	17
11/04/2019	30	29	3,48	11,4	38	39	19

Fecha muestreo	PM ₁₀ Torre (µg/m ³)		[Na ⁺] (µg/m ³)	[Sea Salt] (µg/m ³)	% Sea Salt en PM10		PM ₁₀ (SAM) menos SS (µg/m ³)
	SAM	CAV			SAM	CAV	
12/04/2019	32	30	2,66	8,7	27	29	23
13/04/2019	20	18	1,22	4,0	20	22	16
14/04/2019	11	11	0,72	2,4	21	21	9
15/04/2019	25	22	3,61	11,8	47	54	13
16/04/2019	31	27	4,21	13,8	44	51	17
17/04/2019	18	17	0,98	3,2	18	19	15
18/04/2019	16	15	1,84	6,0	38	40	10
19/04/2019	19	16	2,16	7,1	37	44	12
20/04/2019	28	27	2,53	8,3	30	31	20
21/04/2019	52	48	5,07	16,6	32	35	35
22/04/2019	39	35	2,11	6,9	18	20	32
23/04/2019	28	24	4,41	14,4	52	60	14
24/04/2019	19	16	2,75	9,0	47	56	10
25/04/2019	35	33	6,68	21,8	62	66	13
26/04/2019	58	50	10,07	32,9	57	66	25
27/04/2019	61	53	10,61	34,7	57	65	26
28/04/2019	67	58	11,59	37,9	57	65	29
29/04/2019	38	39	5,37	17,6	46	45	20
30/04/2019	31	24	3,38	11,1	36	46	20
01/05/2019	22	19	3,42	11,2	51	59	11
02/05/2019	19	18	3,06	10,0	53	56	9
03/05/2019	15	13	1,83	6,0	40	46	9
04/05/2019	16	13	1,78	5,8	36	45	10
05/05/2019	21	21	2,45	8,0	38	38	13
06/05/2019	25	24	2,59	8,5	34	35	17
07/05/2019	14	13	0,85	2,8	20	21	11
11/05/2019	22	21	3,43	11,2	51	53	11
12/05/2019	22	19	2,22	7,3	33	38	15
13/05/2019	23	23	2,17	7,1	31	31	16
14/05/2019	35	40	5,02	16,4	47	41	19
15/05/2019	40	39	4,8	15,7	39	40	24
16/05/2019	39	40	6,98	22,8	59	57	16
17/05/2019	41	36	8	26,2	64	73	15
18/05/2019	37	32	6,98	22,8	62	71	14
19/05/2019	24	21	3,04	9,9	41	47	14
20/05/2019	20	18	1,5	4,9	25	27	15
21/05/2019	21	23	1,91	6,2	30	27	15
22/05/2019	23	26	1,41	4,6	20	18	18
23/05/2019	28	27	3,86	12,6	45	47	15
24/05/2019	24	25	3,72	12,2	51	49	12
25/05/2019	19	18	2,46	8,0	42	45	11
26/05/2019	19	18	2,42	7,9	42	44	11
27/05/2019	18	19	2,43	7,9	44	42	10
28/05/2019	26	26	3,49	11,4	44	44	15
29/05/2019	29	30	4,72	15,4	53	51	14
30/05/2019	32	35	3,68	12,0	38	34	20
31/05/2019	31	37	2,81	9,2	30	25	22
01/06/2019	47	45	5,95	19,5	41	43	28
02/06/2019	27	25	2,74	9,0	33	36	18
03/06/2019	19	22	3,43	11,2	59	51	8

Fecha muestreo	PM ₁₀ Torre (µg/m ³)		[Na ⁺] (µg/m ³)	[Sea Salt] (µg/m ³)	% Sea Salt en PM10		PM ₁₀ (SAM) menos SS (µg/m ³)
	SAM	CAV			SAM	CAV	
04/06/2019	24	25	3,86	12,6	53	50	11
05/06/2019	30	27	4,51	14,7	49	55	15
06/06/2019	16	18	2,28	7,5	47	41	9
07/06/2019	40	37	7,14	23,3	58	63	17
08/06/2019	24	22	2,66	8,7	36	40	15
09/06/2019	18	18	1,78	5,8	32	32	12
10/06/2019	16	14	1,28	4,2	26	30	12
11/06/2019	23	23	3,64	11,9	52	52	11
13/06/2019	27	28	3,3	10,8	40	39	16
14/06/2019	20	20	2,16	7,1	35	35	13
15/06/2019	21	21	2,72	8,9	42	42	12
16/06/2019	23	21	2,52	8,2	36	39	15
17/06/2019	25	23	1,66	5,4	22	24	20
18/06/2019	20	18	1,24	4,1	20	23	16
19/06/2019	12	13	1,12	3,7	31	28	8
20/06/2019	15	13	1,32	4,3	29	33	11
21/06/2019	17	16	1,65	5,4	32	34	12
22/06/2019	14	14	0,48	1,6	11	11	12
25/06/2019	21	24	1,84	6,0	29	25	15
26/06/2019	18	18	1,43	4,7	26	26	13
27/06/2019	17	20	1,67	5,5	32	27	12
28/06/2019	18	22	1,55	5,1	28	23	13
29/06/2019	17	20	1,35	4,4	26	22	13
30/06/2019	16	17	1,46	4,8	30	28	11
01/07/2019	15	16	2,1	6,9	46	43	8
02/07/2019	--	24	3,69	12,1		50	--
03/07/2019	28	30	3,99	13,0	47	43	15
04/07/2019	39	43	4,49	14,7	38	34	24
05/07/2019	25	29	1,3	4,3	17	15	21
06/07/2019	20	23	1,21	4,0	20	17	16
07/07/2019	22	23	1,85	6,0	27	26	16
08/07/2019	21	23	2,56	8,4	40	36	13
09/07/2019	19	20	1,76	5,8	30	29	13
10/07/2019	26	27	2,38	7,8	30	29	18
11/07/2019	24	25	1,18	3,9	16	15	20
12/07/2019	23	22	1,55	5,1	22	23	18
13/07/2019	18	20	2,11	6,9	38	34	11
14/07/2019	23	22	2,95	9,6	42	44	13
15/07/2019	25	25	2,82	9,2	37	37	16
16/07/2019	23	22	3,22	10,5	46	48	12
17/07/2019	23	21	3,43	11,2	49	53	12
18/07/2019	26	26	3,54	11,6	45	45	14
19/07/2019	20	19	2,37	7,7	39	41	12
20/07/2019	24	24	3,33	10,9	45	45	13
21/07/2019	18	17	2,13	7,0	39	41	11
22/07/2019	23	25	3,51	11,5	50	46	12
23/07/2019	25	27	3,07	10,0	40	37	15
24/07/2019	19	19	1,47	4,8	25	25	14
25/07/2019	32	32	5,75	18,8	59	59	13
26/07/2019	52	50	10,32	33,7	65	67	18

Fecha muestreo	PM ₁₀ Torre (µg/m ³)		[Na ⁺] (µg/m ³)	[Sea Salt] (µg/m ³)	% Sea Salt en PM10		PM ₁₀ (SAM) menos SS (µg/m ³)
	SAM	CAV			SAM	CAV	
02/08/2019	23	22	3,51	11,5	50	52	12
03/08/2019	20	19	1,64	5,4	27	28	15
04/08/2019	24	21	3,41	11,2	46	53	13
05/08/2019	21	20	2,44	8,0	38	40	13
06/08/2019	15	15	1,43	4,7	31	31	10
07/08/2019	9	9	0,19	0,6	7	7	8
08/08/2019	7,8	9	0,53	1,7	22	19	6
09/08/2019	36	39	6,67	21,8	61	56	14
10/08/2019	46	42	8,58	28,1	61	67	18
11/08/2019	34	31	5,75	18,8	55	61	15
12/08/2019	28	23	3,9	12,8	46	55	15
13/08/2019	17	16	1,91	6,2	37	39	11
14/08/2019	21	19	2,54	8,3	40	44	13
15/08/2019	28	26	4,58	15,0	53	58	13
16/08/2019	19	17	2,17	7,1	37	42	12
17/08/2019	15	13	1,44	4,7	31	36	10
18/08/2019	42	38	8,24	26,9	64	71	15
19/08/2019	31	31	5,27	17,2	56	56	14
20/08/2019	24	24	4,32	14,1	59	59	10
21/08/2019	25	27	4,37	14,3	57	53	11
22/08/2019	33	34	4,54	14,8	45	44	18
23/08/2019	35	36	4,22	13,8	39	38	21
24/08/2019	32	29	4,11	13,4	42	46	19
25/08/2019	19	18	2	6,5	34	36	12
26/08/2019	23	23	3,35	11,0	48	48	12
27/08/2019	20	20	3,17	10,4	52	52	10
28/08/2019	60	62	12,94	42,3	71	68	18
29/08/2019	30	26	3,99	13,0	43	50	17
30/08/2019	36	37	5,4	17,7	49	48	18
31/08/2019	35	32	6,54	21,4	61	67	14
01/09/2019	--	21	3,72	12,2		58	--
02/09/2019	--	21	3,13	10,2		49	--
03/09/2019	25	32	3,59	11,7	47	37	13
04/09/2019	26	27	4,3	14,1	54	52	12
05/09/2019	27	30	5,28	17,3	64	58	10
06/09/2019	29	28	4,12	13,5	46	48	16
07/09/2019	21	20	3,1	10,1	48	51	11
08/09/2019	24	25	4,33	14,2	59	57	10
09/09/2019	27	27	4,12	13,5	50	50	14
10/09/2019	42	45	9,24	30,2	72	67	12
11/09/2019	43	39	7,35	24,0	56	62	19
12/09/2019	27	29	3,65	11,9	44	41	15
13/09/2019	24	25	2,77	9,1	38	36	15
14/09/2019	25	27	3,08	10,1	40	37	15
15/09/2019	33	36	5,06	16,5	50	46	16
16/09/2019	36	38	5,24	17,1	48	45	19
17/09/2019	44	41	5,06	16,5	38	40	27
18/09/2019	30	30	2,99	9,8	33	33	20
19/09/2019	19	17	1,29	4,2	22	25	15
20/09/2019	19	20	0,53	1,7	9	9	17

Fecha muestreo	PM ₁₀ Torre (µg/m ³)		[Na ⁺] (µg/m ³)	[Sea Salt] (µg/m ³)	% Sea Salt en PM10		PM ₁₀ (SAM) menos SS (µg/m ³)
	SAM	CAV			SAM	CAV	
21/09/2019	16	16	1,46	4,8	30	30	11
22/09/2019	30	27	4,99	16,3	54	60	14
23/09/2019	16	14	1,84	6,0	38	43	10
24/09/2019	37	40	7,67	25,1	68	63	12
25/09/2019	62	64	11,91	38,9	63	61	23
26/09/2019	39	42	7,16	23,4	60	56	16
27/09/2019	70	75	14,47	47,3	68	63	23
28/09/2019	74	72	13,42	43,9	59	61	30
29/09/2019	20	22	2,91	9,5	48	43	10
30/09/2019	21	23	2,37	7,7	37	34	13
01/10/2019	31	34	5,52	18,1	58	53	13
02/10/2019	49	49	9,36	30,6	62	62	18
03/10/2019	17	20	1,97	6,4	38	32	11
04/10/2019	90	91	19,01	62,2	69	68	28
05/10/2019	40	38	5,63	18,4	46	48	22
06/10/2019	38	39	6,23	20,4	54	52	18
07/10/2019	50	51	7,67	25,1	50	49	25
08/10/2019	54	61	11,78	38,5	71	63	15
10/10/2019	67	75	14,58	47,7	71	64	19
11/10/2019	48	38	5,27	17,2	36	45	31
12/10/2019	26	23	1,96	6,4	25	28	20
13/10/2019	13	14	1,09	3,6	27	25	9
14/10/2019	26	21	3,34	10,9	42	52	15
15/10/2019	30	23	3,38	11,1	37	48	19
16/10/2019	13	14	1,63	5,3	41	38	8
17/10/2019	53	52	9,1	29,8	56	57	23
18/10/2019	52	49	9,43	30,8	59	63	21
19/10/2019	26	25	3,58	11,7	45	47	14
20/10/2019	41	32	6,13	20,0	49	63	21
21/10/2019	26	22	2,59	8,5	33	38	18
22/10/2019	21	19	1,66	5,4	26	29	16
23/10/2019	22	19	2,53	8,3	38	44	14
24/10/2019	20	17	2,4	7,8	39	46	12
25/10/2019	22	19	1,45	4,7	22	25	17
26/10/2019	27	21	1,38	4,5	17	21	22
29/10/2019	13	13	1,03	3,4	26	26	10
31/10/2019	19	19	1,47	4,8	25	25	14
01/11/2019	26	25	3,08	10,1	39	40	16
02/11/2019	35	32	4,99	16,3	47	51	19
03/11/2019	64	61	11,43	37,4	58	61	27
04/11/2019	58	55	10,88	35,6	61	65	22
05/11/2019	79	78	15,42	50,4	64	65	29
06/11/2019	58	49	9,63	31,5	54	64	27
07/11/2019	56	55	11,11	36,3	65	66	20
08/11/2019	86	80	17,2	56,2	65	70	30
09/11/2019	56	52	10,2	33,4	60	64	23
10/11/2019	43	40	8,29	27,1	63	68	16
11/11/2019	63	64	12,11	39,6	63	62	23
12/11/2019	50	47	8,03	26,3	53	56	24
13/11/2019	52	50	9,49	31,0	60	62	21

Fecha muestreo	PM ₁₀ Torre (µg/m ³)		[Na ⁺] (µg/m ³)	[Sea Salt] (µg/m ³)	% Sea Salt en PM10		PM ₁₀ (SAM) menos SS (µg/m ³)
	SAM	CAV			SAM	CAV	
14/11/2019	73	82	16,31	53,3	73	65	20
15/11/2019	58	66	13,47	44,0	76	67	14
16/11/2019	43	41	7,49	24,5	57	60	19
17/11/2019	33	32	6,12	20,0	61	63	13
18/11/2019	34	33	4,56	14,9	44	45	19
19/11/2019	24	21	1,96	6,4	27	31	18
20/11/2019	38	35	5,58	18,2	48	52	20
21/11/2019	50	46	7,84	25,6	51	56	24
22/11/2019	29	29	5,37	17,6	61	61	11
23/11/2019	60	59	11,49	37,6	63	64	22
28/11/2019	37	36	4,6	15,0	41	42	22
29/11/2019	19	19	1,16	3,8	20	20	15
30/11/2019	32	30	5,01	16,4	51	55	16
01/12/2019	24	24	4,25	13,9	58	58	10
02/12/2019	--	30	4,78	15,6	--	52	--
03/12/2019	--	20	1,64	5,4	--	27	--
04/12/2019	--	21	1,17	3,8	--	18	--
05/12/2019	--	27	3,14	10,3	--	38	--
06/12/2019	51	51	5,96	19,5	38	38	32
07/12/2019	20	22	1,12	3,7	18	17	16
08/12/2019	54	49	8,22	26,9	50	55	27
09/12/2019	183	175	35,23	115,2	63	66	68
10/12/2019	32	29	3,13	10,2	32	35	22
11/12/2019	52	51	9,83	32,1	62	63	20
12/12/2019	41	42	7,79	25,5	62	61	16
13/12/2019	54	57	11,38	37,2	69	65	17
27/12/2019	32	30	3,39	11,1	35	37	21
28/12/2019	41	45	6	19,6	48	44	21
29/12/2019	64	70	9,77	31,9	50	46	32
30/12/2019	40	45	3,71	12,1	30	27	28
31/12/2019	33	30	4,06	13,3	40	44	20

Anexo 2: Retrotrayectorias de los días con superación del VLD de PM₁₀ en la estación Torre de Hércules.



