

INFORME FINAL 2007



CONVENIO DE COLABORACIÓN ENTRE O CONCELLO DA
CORUÑA E A UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**“MEDIDA DOS NIVEIS DE PARTÍCULAS PM₁₀ NA
ZONA DOS CASTROS”**

Instituto Universitario de Medio Ambiente (IUMA)
Universidade da Coruña (UDC)

AUTORES:

Han intervenido:

Dña. María del Pilar Esperón Porto. Técnica superior en Química Ambiental.

Dra. María Piñeiro Iglesias. Técnica superior en Instrumentación Analítica.

Dra. Purificación López Mahía. Catedrática de Química Analítica.

Dra. Soledad Muniategui Lorenzo. Catedrática de Química Analítica.

Dr. Darío Prada Rodríguez. Catedrático de Química Analítica.

de la

Universidad de A Coruña,



AGRADECIMIENTOS:

- La Fundación ALCOA por financiar la adquisición del muestreador de partículas DIGITEL dentro del Proyecto titulado “Levels of PM10 in the City of a Coruña” entre 2005-2006.
- Centro Meteorológico Territorial de Galicia situado en A Coruña y perteneciente al Instituto Nacional de Meteorología.
- Personal de mantenimiento del Complejo Deportivo San Diego.

IMPORTANTE: CUALQUIER USO CIENTÍFICO O TÉCNICO DE LOS DATOS QUE AQUÍ SE REMITEN TENDRÁN QUE CITAR EXPLÍCITAMENTE LA FUENTE DE LOS MISMOS: Datos suministrados como fruto del Convenio de colaboración entre el Ayuntamiento de A Coruña y el Instituto Universitario de Medio Ambiente (IUMA) de la Universidad de A Coruña (UDC) para la medida de los niveles de partículas PM₁₀ en la zona de Os Castros (A Coruña).

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....	1
METODOLOGÍA	3
Muestreo	3
Tratamiento de los filtros y medida gravimétrica	5
RESULTADOS.....	6
Marco Normativo	6
Niveles de PM ₁₀ según medida gravimétrica.....	7
Niveles de PM ₁₀ , PM _{2,5} y PM ₁ según espectrómetro láser	20
CONCLUSIONES	31
ANEXOS	
I. Gráficos de control de las condiciones de humedad y temperatura de la sala de balanzas para la pesada de los filtros con materia particulada	33
II. Intercomparación del espectrómetro láser con el equipo gravimétrico	34
III. Origen de las masas de aire	36

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La calidad del aire es un tema relevante por su implicación en la salud humana, el medio ambiente y demás bienes de cualquier naturaleza^{1,2}. Además, la adaptación de los nuevos Reales Decretos incorporados al ordenamiento jurídico español en 2002 y 2003 junto a la Ley 34/2007, incluyen los estudios sobre el conocimiento de la calidad del aire^{3,4}.

Para una continua vigilancia de la misma es necesario contar con una serie de sistemas que controlen los distintos parámetros, a pesar de que aún queden algunos aspectos por consensuar relativos a la metodología de medida y de criterios unificados que regulen la medición de emisiones e inmisión para ciertos contaminantes.

Por último y no menos importante, indicar que no se conocen todas las sustancias presentes en la atmósfera, que cualquier actividad produce emisiones de sustancias a la misma y que para algunos componentes no hay umbral de protección en cuanto a niveles de concentración. Unido a todo lo anterior en los estudios de calidad de aire en las ciudades existen fuentes móviles, fijas, puntuales, lineales, difusas, etc. lo que hace complejo el estudio.

Uno de los parámetros incluidos en la evaluación de la calidad de aire ambiente⁴ son las partículas PM₁₀, entendidas como las partículas que pasan a través de un cabezal de tamaño selectivo para un diámetro aerodinámico de 10 µm con una eficiencia de corte del 50 por ciento. A pesar de que los estándares de calidad de aire ambiente para partículas en suspensión han sido propuestos para la fracción inferior a 10 µm (PM₁₀), también ha sido reconocida la importancia y trascendencia, por parte de la Comisión Europea, de la fracción inferior a 2,5 µm (PM_{2,5})^{2,3,4,5,6,7} como consecuencia de que son cada vez más los estudios científicos que apuntan a los efectos sobre la salud de la fracción de partículas finas. De ahí que se prevé establecer en un futuro valores límite para la fracción de PM_{2,5}.

¹ Directiva 96/62/CE del Consejo de 27 de septiembre de 1996, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire.

² Directiva Europea de Calidad del Aire 1999/30/CE de 22 de abril de 1999, relativa a los valores límite de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno, partículas y plomo en el aire ambiente.

³ Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera.

⁴ Real Decreto 1073/2002, de 18 de octubre, sobre la evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente en relación con el dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, óxidos de nitrógeno, partículas, plomo, benceno y monóxido de carbono.

⁵ Propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo sobre calidad del aire ambiente y una atmósfera más limpia en Europa 2005/0183(COD) de 21 de septiembre de 2005 (COM-2005 447 final).

⁶ Posición común aprobado por el Consejo con vistas a la adopción de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo sobre calidad del aire ambiente y una atmósfera limpia en Europa 2005/0183(COD) de 29 de junio de 2007 (COM-2007 320 final).

⁷ Recomendación para la segunda lectura respecto a la Posición Común del Consejo con vistas a la adopción de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo sobre calidad del aire ambiente y una atmósfera limpia en Europa ((16477/1/2006-C6-0260/2007-2005/0183(COD)) de 17 de octubre 2007 (A6-0398/2007).

El material particulado atmosférico es el conjunto de materia en estado sólido y/o líquido presente en suspensión en la atmósfera, exceptuando el agua pura. El material particulado atmosférico es un constituyente habitual de la atmósfera terrestre. Dicho material es emitido mayoritariamente por fuentes naturales (materia mineral resuspendida, aerosol marino, actividad volcánica, incendios forestales no intencionados, emisiones biogénicas, etc.). En la actualidad existen numerosas fuentes de emisión antropogénicas (emisiones residenciales y domésticas, tráfico rodado, procesos industriales, generación de energía, actividades de construcción y demolición, procesos extractivos, agricultura, ganadería, incendios forestales intencionados, quemas de biomasa, entre otros...) que contribuyen a incrementar los niveles de particulado atmosférico en suspensión, si bien las fuentes naturales contribuyen de forma dominante a las emisiones a escala global (IPCC, 2007)⁸. Independientemente de su origen, el material particulado en suspensión se considera como un contaminante atmosférico ya que altera la composición original de la atmósfera, pero hay que tener en cuenta que su presencia es indispensable para que se formen las nubes y por tanto se produzcan las precipitaciones.

El presente informe final resume los resultados sobre los niveles diarios de partículas PM₁₀ desde marzo a diciembre de 2007 en la zona de Os Castros, según el convenio de colaboración entre el Ayuntamiento de A Coruña-UDC. La selección del punto de muestreo se realizó conjuntamente con personal del área de Medio Ambiente del Ayuntamiento de A Coruña.

Los objetivos principales han sido:

- Evaluación de los niveles de partículas en suspensión PM₁₀ realizando el estudio de la evolución temporal a lo largo del período de muestreo.
- Obtener una serie temporal de niveles de PM₁₀, PM_{2,5} y PM₁ para determinar los niveles de partículas de diferentes fracciones granulométricas.
- Comparación simultánea de las medidas de PM₁₀ de un equipo automático con las medidas del captador de referencia.
- Realizar una evaluación de la calidad de aire en el lugar de muestreo de acuerdo a la normativa vigente.

⁸ IPCC, 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. <http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg1.htm>

METODOLOGÍA

MUESTREO

El punto de muestreo se sitúa en las instalaciones del Complejo Deportivo San Diego (figura 1) en donde se han recogido muestras diarias desde el 13 de marzo hasta el 31 de diciembre de 2007.



Figura 1. Punto de muestreo (Complejo Deportivo de San Diego).

Para la recogida de las muestras se empleó un muestreador automático de alto volumen DIGITEL DHA-80⁹ que cumple los requisitos de la Norma UNE-EN 12341¹⁰ (figura 2) para el muestreo de PM₁₀. El caudal de aspiración durante el muestreo ha sido de 30 m³/h. El funcionamiento del equipo es el siguiente: el aire penetra por el cabezal de corte (PM₁₀) por efecto de la aspiración de una bomba, y atraviesa el filtro para ser finalmente expulsado por el extremo opuesto del equipo. Las partículas de diámetro seleccionado son retenidas sobre el filtro. El equipo cuenta con un sensor para la medida del caudal de aspiración y un programador para el control de tiempo de muestreo. Además dispone de un cambio automático de filtros con una autonomía para 15 filtros.

El tiempo de muestreo es de 24 horas, desde las 0 hasta las 24 horas (UTC). A pesar del muestreo diario, las muestras se suelen recoger semanalmente y una vez a la semana se comprueba que los equipos de muestreo funcionan correctamente.

⁹ Muestreador adquirido gracias a un Proyecto financiado por la Fundación ALCOA titulado “Levels of PM10 in the City of a Coruña” entre 2005-2006.

¹⁰ Norma UNE-EN 12341:1999 Calidad del aire. Determinación de la fracción PM₁₀ de la materia particulada en suspensión. Método de referencia y procedimiento de ensayo de campo para demostrar la equivalencia de los métodos de medida de referencia.



Figura 2. Fotografías (exterior e interior) del equipo de muestreo DIGITEL DHA-80.

El 10 de mayo de 2007 se colocó un espectrómetro láser GRIMM 1107 (figura 3) en el punto de muestreo. El monitor láser GRIMM 1107 permite medir en modo continuo los niveles de PM_{10} , $PM_{2,5}$ y PM_1 (partículas de diámetro $<1 \mu m$). Este equipo realiza medidas del número de partículas en función del diámetro por medio de la dispersión del haz de un láser. Las partículas penetran en el equipo y generan señales a diferentes longitudes de onda en función de su diámetro, que son registradas por el detector. El número de cuentas por cada fracción granulométrica es después convertido a masa por medio de un algoritmo y finalmente expresado en $\mu g/m^3$ de PM_{10} , $PM_{2,5}$ y PM_1 . Así, al conocer la distribución de las tres fracciones granulométricas del material particulado en suspensión en el aire se puede establecer la contribución de cada una al total de material particulado PM_{10} . Las medidas resultantes de PM_{10} se validaron por comparación con las medidas de PM_{10} obtenidas con el método gravimétrico (ver Anexo II).

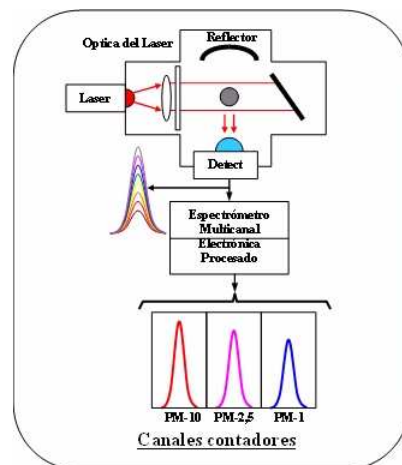


Figura 3. Fotografía y esquema de funcionamiento (cortesía de SIR S.A) del espectrómetro láser GRIMM 1107.

TRATAMIENTO DE LOS FILTROS Y MEDIDA GRAVIMÉTRICA

Para el muestreo se han empleado filtros de fibra de cuarzo QF20 Schleicher & Schuell y Munktell MK360 de 150 mm de diámetro, acondicionados durante 48 horas antes de la pesada, en una sala de balanzas a $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ de temperatura y $50\pm 5\%$ humedad relativa¹⁰. Aunque se trata de la medida de PM_{10} , el tratamiento de los filtros se realizó según la norma relativa a la medida de $\text{PM}_{2,5}$ por ser más restrictiva¹¹.

Los filtros en blanco y los filtros con muestra PM_{10} se acondicionan, como mínimo 48 horas, en la sala de balanzas acondicionada. La balanza utilizada para la pesada de dichos filtros se encuentra instalada en dicha sala y en cada sesión de pesada se comprueban las condiciones de la sala de balanzas y se documentan (ver Anexo I). Los filtros se manejan con pinzas de teflón. Antes de usarlos se comprueban, visualmente y empleando una lámpara de luz visible, para detectar defectos, tales como orificios o pérdidas de material que ocasionarían errores en la recolección de la muestra de materia particulada PM_{10} .

Al inicio 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 de 1 g. Además, en el cuarto de balanzas se mantienen 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 han cambiado menos de $500\ \mu\text{g}$ desde la última sesión de pesada, su masa media se registra y se procede a la pesada de los filtros con la muestra. En caso contrario, no se pesan filtros con las muestras, hasta que la diferencia de pesada de los blancos de referencia sea menor de los $500\ \mu\text{g}$.

Los filtros blancos para el muestreo se pesan dos veces con un intervalo de al menos 12 h, para confirmar que el peso del filtro es estable. Posteriormente se toma la media de las dos medidas como masa del filtro en blanco. Después del muestreo los filtros, con materia particulada PM_{10} , se mantienen en la sala de balanzas durante un mínimo de 48 h antes de la primera pesada y después de 24 a 72 h se realiza una segunda pesada. La masa del filtro PM_{10} se toma como la media de las dos medidas.

A continuación se crea una base de datos con los valores de PM_{10} referidos al volumen de muestreo ($\mu\text{g PM}_{10}/\text{m}^3$). 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 en hora UTC (Tiempo Universal Coordinado), antes de su almacenamiento en la base de datos. La hora local sería la hora UTC+1h (entre

¹¹ Norma UNE-EN 14907:2006 Calidad de aire ambiente. Método gravimétrico de medida para la determinación de la fracción másica $\text{PM}_{2,5}$ de la materia particulada en suspensión.

finales de octubre y finales de marzo) y UTC+2h (desde finales de marzo hasta finales de octubre).

RESULTADOS

MARCO NORMATIVO

En el Real Decreto 1073/2002, de 18 de octubre, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente en relación con el dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, óxidos de nitrógeno, partículas, plomo, benceno y monóxido de carbono se indica que (tabla I):

- el valor límite diario de PM₁₀ para la protección de la salud humana es de 50 µg/m³, que no se podrá superar en más de 35 ocasiones por año en la fase I y en más de 7 ocasiones por año en la fase II. En el borrador de la propuesta de la Directiva sobre calidad del aire⁵, se mantiene el objetivo de la primera fase (35 superaciones por año).
- el valor límite anual de PM₁₀ para la protección de la salud humana es de 40 µg/m³ en la fase I y de 20 µg/m³ en la fase II.

Tabla I. Valores límite para las partículas (PM₁₀) en condiciones ambientales.

	Período de promedio	Valor límite	Margen de tolerancia	Fecha cumplimiento del valor límite
<i>Fase I</i>				
1. Valor límite diario para la protección de la salud humana	24 horas	50 µg/m ³ , de PM ₁₀ que no podrán superarse en más de 35 ocasiones por año	15 µg/m ³ , a la entrada en vigor del presente Real Decreto, reduciéndose el 1 de enero de 2003 y posteriormente cada 12 meses 5 µg/m ³ , hasta alcanzar el valor límite el 1 de enero de 2005.	1 de enero de 2005
2. Valor límite anual para la protección de la salud humana	1 año civil	40 µg/m ³ , de PM ₁₀	4,8 µg/m ³ , a la entrada en vigor del presente Real Decreto, reduciéndose el 1 de enero de 2003 y posteriormente cada 12 meses 1,6 µg/m ³ , hasta alcanzar el valor límite el 1 de enero de 2005.	1 de enero de 2005
<i>Fase II*</i>				
1. Valor límite diario para la protección de la salud humana	24 horas	50 µg/m ³ , de PM ₁₀ que no podrán superarse en más de 7 ocasiones por año	Se derivará de los datos y será equivalente al valor límite de la fase 1.	1 de enero de 2010
2. Valor límite anual para la protección de la salud humana	1 año civil	20 µg/m ³ , de PM ₁₀		1 de enero de 2010

* Valores límites indicativos que deberán revisarse a la luz de una mayor información acerca de los efectos sobre la salud y el medio ambiente, la viabilidad técnica y la experiencia en la aplicación de los valores límite de la fase I en los Estados Miembros de la Unión Europea.

Este R.D. resulta de la incorporación al ordenamiento jurídico español de la Directiva Europea de Calidad del Aire de 1999 en la que en su artículo 2.15 indica: "Existen casos en que el cumplimiento de los valores límite puede ser descontado por la CE

cuando los valores límite son sobrepasados por la influencia de fenómenos naturales como pueden ser: las erupciones volcánicas, actividades sísmicas, actividades geotérmicas, o los incendios de zonas silvestre, fuertes vientos o la resuspensión atmosférica o el transporte de partículas naturales procedentes de regiones áridas”.

Actualmente existe una propuesta de Directiva Europea^{5,6,7} complementaria a la Directiva existente para PM₁₀ para regular los niveles de PM_{2,5}. En esta propuesta se introduce un límite anual en las concentraciones en el aire de partículas de polvo fino inferiores a 2,5 µm, así como un objetivo de reducir la exposición a la población de dichas partículas en un 20% entre 2010 y 2020. Se establece un valor objetivo anual para 2010 de 25 µg/m³ de PM_{2,5} único para el territorio de la Unión Europea (UE), es decir, para los diferentes tipos de estaciones, que posteriormente se convertirá en valor límite. No se establece un valor diario para PM_{2,5}. Esta propuesta también plantea un Índice de Reducción de Exposición desde el trienio 2008-2010 hasta el trienio 2018-2020, fijado en un 20%. Esta medida significa que el promedio de PM_{2,5} registrado en el primer trienio, si ha sido de 20 µg/m³, deberá ser de 16 µg/m³ o inferior para el segundo trienio.

NIVELES DE PM₁₀ SEGÚN MEDIDA GRAVIMÉTRICA

La concentración media anual de PM₁₀ obtenida en el punto de muestreo objeto de estudio es de 32 µg/m³, valor que se encuentra dentro del rango normal de estaciones de fondo urbano. Además, dicho valor medio anual cumple con los requerimientos de la normativa⁴ de valor límite anual de 40 µg/m³ (tabla II). El número de superaciones del valor límite diario de 50 µg/m³ ha sido de 28. Este valor está muy próximo al fijado en la legislación de 35 superaciones, teniendo en cuenta que los cálculos están hechos para un total de 288 muestras recogidas, lo que supone un 79% del total relativo a un año civil (365 días) dado que el período de muestreo ha sido desde el 13 de marzo hasta el 31 de diciembre de 2007.

Tabla II. Resumen global de las muestras recogidas.

Nº muestras recogidas	288
% de muestras relativas a año civil	79
VALOR MÁXIMO DIARIO de PM ₁₀ (µg/m ³)	71
VALOR MÍNIMO DIARIO de PM ₁₀ (µg/m ³)	12
Nº SUPERACIONES del valor límite diario de 50 µg/m ³	28
VALOR MEDIO ANUAL de PM ₁₀ (µg/m ³)	32

También se debe tener en cuenta que muchos estudios sugieren que este límite podría ser superado en numerosas zonas de España ya que es mucho más restrictivo que el referido a la concentración anual. Así, para concentraciones medias anuales superiores a 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ les corresponderían unas concentraciones para el percentil 90,4 (marcado por la legislación para el cálculo de las superaciones) mayores que la marcada por la legislación de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, hecho que explicaría claramente el difícil cumplimiento de la legislación en numerosas estaciones españolas.

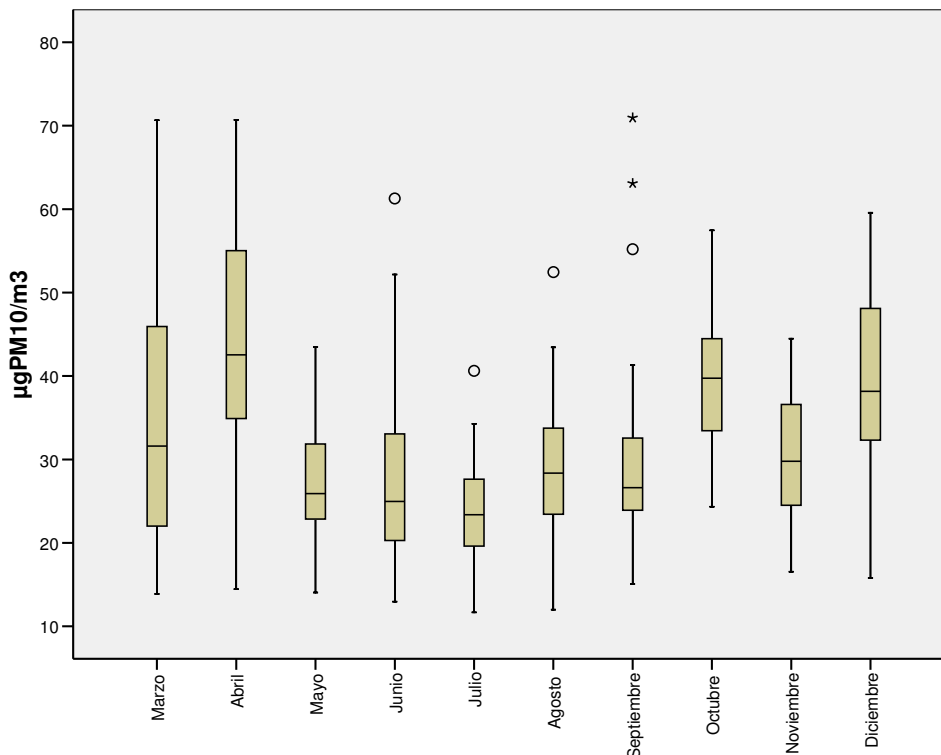
La tabla III recoge los niveles medios mensuales de PM_{10} que oscilan entre los 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ del mes de julio y los 44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ del mes de abril. Los valores máximos diarios de 71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ tienen lugar en los meses de marzo y abril, seguidos de los 41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ del mes de julio, mientras que los valores mínimos oscilan entre los 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de julio y agosto y los 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ del mes de octubre. En la tabla se indica el número de superaciones del valor límite diario en cada mes de muestreo, observando que en el mes de abril tienen lugar 13 superaciones lo que supone un 47% del total de superaciones. Teniendo en cuenta los datos disponibles para elaborar el informe, este hecho puede deberse a las condiciones de estabilidad atmosférica reinantes en la ciudad durante ese período.

Tabla III. Valores medios mensuales y número de superaciones por mes.

	Máximo	Mínimo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Media mensual	Nº superaciones
Marzo	71	14	35	2
Abril	71	14	44	13
Mayo	43	14	27	0
Junio	61	13	28	2
Julio	41	12	24	0
Agosto	52	12	29	1
Septiembre	71	15	30	3
Octubre	57	24	40	2
Noviembre	44	17	30	0
Diciembre	60	16	38	5

Para facilitar el análisis de los datos, a menudo se utilizan métodos gráficos simples entre los cuales están los diagramas de cajas o de Box-Whisker. En dichos diagramas, los valores máximo y mínimo, los cuartiles inferior y superior (percentil 25 y 75 respectivamente) y la mediana (percentil 50) se representan en una caja rectangular alineada ya sea horizontal o verticalmente (en este informe se presenta la vertical). La caja se extiende del cuartil inferior al superior, y es atravesada de un lado a otro por la mediana. A partir de los extremos de la caja se extienden líneas (llamadas comúnmente "bigotes") hasta los valores máximo y mínimo. Si un dato dista del cuartil más cercano en más de 1,5 y de 3 veces el intervalo intercuartílico se representa separado de los bigotes.

En la figura 4 se muestran los gráficos para el total de muestras distribuidas por mes de muestreo. La tendencia estacional de la concentración de PM_{10} en el punto de muestreo refleja los valores más altos a finales de invierno (octubre a diciembre) y principios de primavera (marzo-abril) y menores en verano (de mayo a septiembre). También se observa que existe una mayor variabilidad en los meses de marzo, abril, junio y diciembre. Los niveles tan elevados en el mes de abril, octubre y diciembre coinciden con la presencia de inversiones térmicas a baja altura y muy marcadas durante varios días del mes lo que impide una dispersión de los contaminantes. En el mes de marzo no se han apreciado inversiones.



° Casos con valores entre 1,5 y 3 longitudes de caja desde el borde superior o inferior de la caja. La longitud de la caja es la amplitud intercuartil.

* Casos con valores superiores a 3 longitudes de caja desde el borde superior o inferior de la caja. La longitud de la caja es la amplitud intercuartil.

Figura 4. Diagramas de Box-Whisker del valor promedio 24 h (método gravimétrico) para los diferentes meses de muestreo.

En la figura 5 se presentan a modo de ejemplo, los perfiles de temperatura de la atmósfera de varios días dentro del periodo de muestreo. Estas gráficas se han obtenido mediante el programa RAOB 5.7 (RAWinsonde OBServation, Environmental Research Services, LLC) a partir de los radiosondeos proporcionados por el Centro Meteorológico Territorial en Galicia del Instituto Nacional de Meteorología. Está representada la presión atmosférica (en mb) en el eje principal y la altura (en km) en el eje secundario frente a la temperatura (en $^{\circ}C$). La línea continua de color rojo representa la temperatura ambiente y la discontinua la temperatura de rocío (temperatura a partir de la cual el vapor de agua comienza a condensar en pequeñas gotas). Cuanto más cerca estén estas dos líneas, más húmedo está el aire porque menos

vapor de agua condensó, por el contrario si están muy separadas indican un aire seco ya que condensó mucho vapor de agua. Las zonas de color verde indican inversiones de temperatura. Una inversión se produce cuando la temperatura del aire aumenta con la altura. Esta situación es muy común pero generalmente está confinada a una capa relativamente superficial. Los contaminantes emitidos a las capas de aire que experimentan una inversión (capas invertidas) no se dispersan al ser transportadas por el viento. Por lo general, las altas concentraciones de contaminantes en el aire están relacionadas con las inversiones ya que éstas inhiben la dispersión de contaminantes.

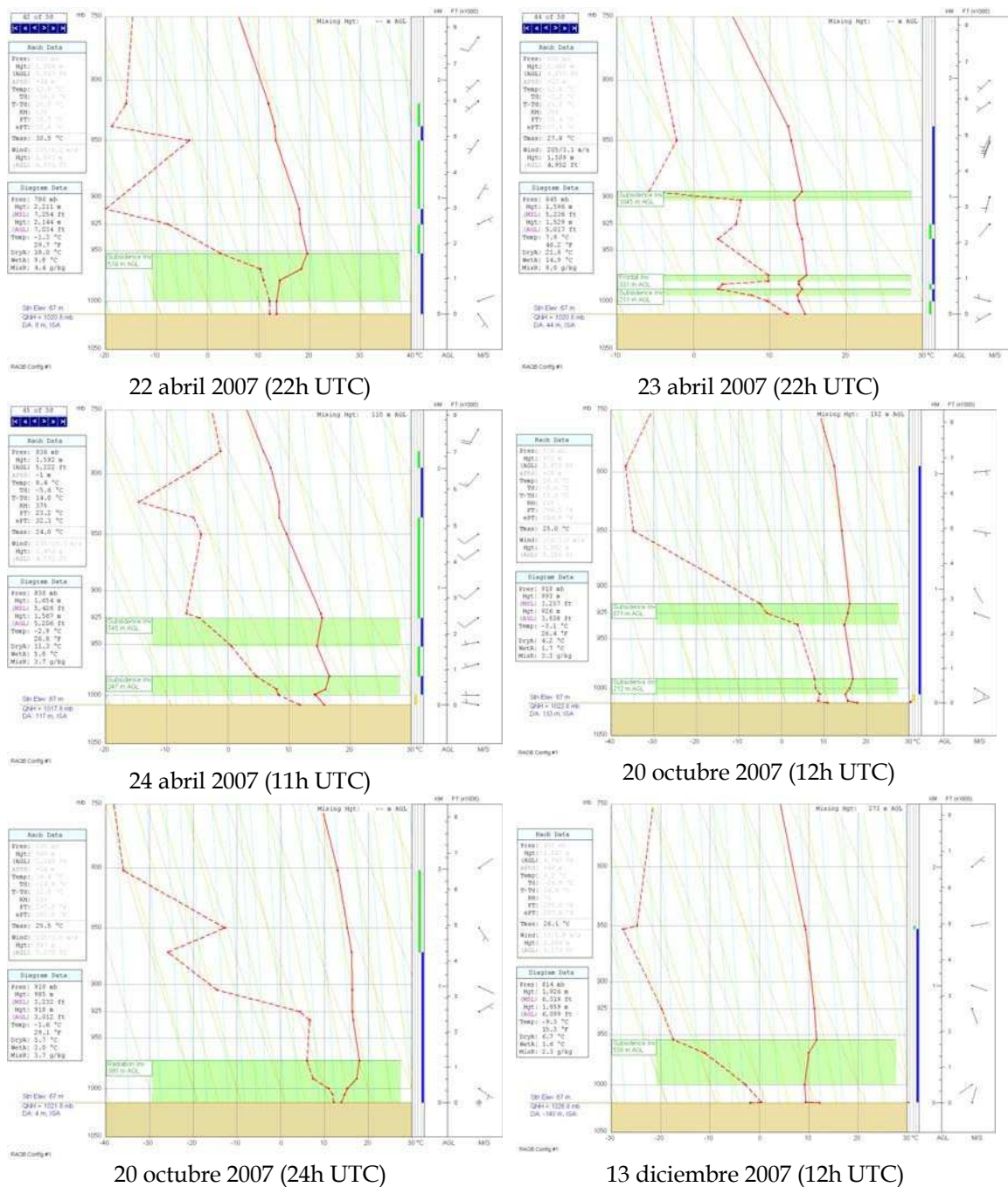
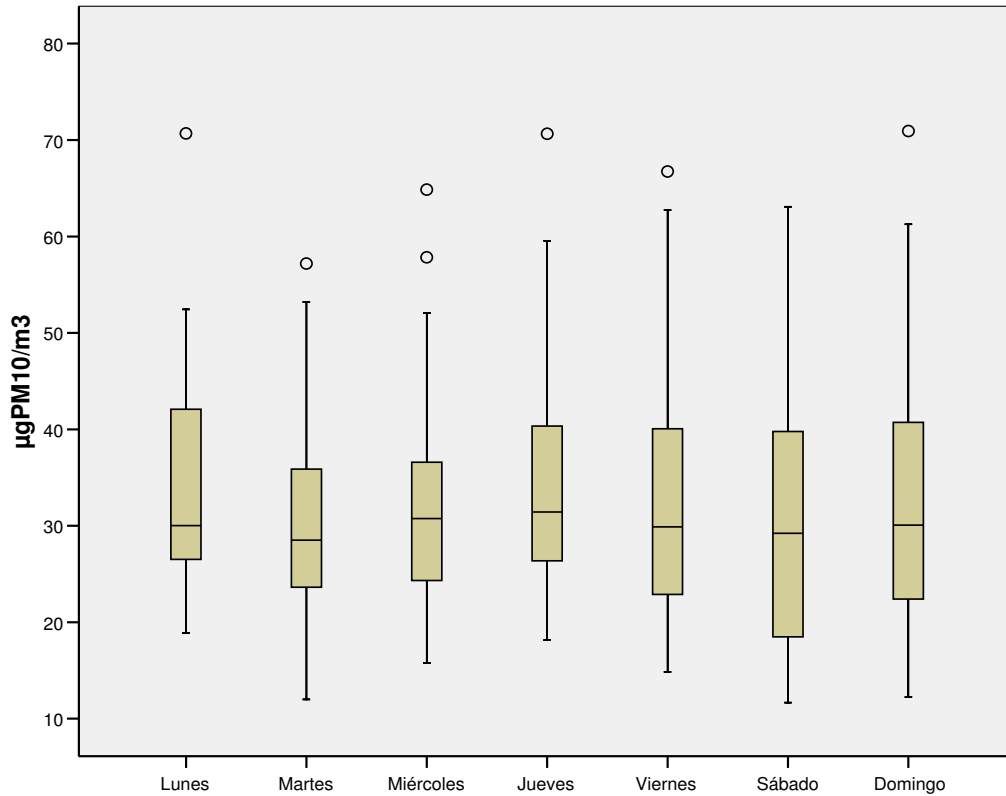


Figura 5. Perfiles de temperatura en la atmósfera obtenidos a partir de los radiosondeos decodificados con el programa RAOB.

Al realizar una representación de Box-Whisker de los niveles de PM_{10} en función del día de la semana (figura 6), se observa que existe variabilidad entre los diferentes días de la semana y parece no haber un patrón común. También se puede decir que durante los días laborales aproximadamente más del 75% de las muestras se encuentra por encima de los $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En el apartado dedicado al estudio de las fracciones granulométricas PM_{10} , $PM_{2,5}$ y PM_1 se discutirá con más detalle.



° Casos con valores entre 1,5 y 3 longitudes de caja desde el borde superior o inferior de la caja. La longitud de la caja es la amplitud intercuartil.

Figura 6. Diagramas de Box-Whisker del valor promedio 24 h (método gravimétrico) para los diferentes días de la semana durante el período de muestreo.

A continuación en la tabla IV se muestran los valores promedio de 24 horas de PM₁₀ desde el 13 de marzo hasta el 31 de diciembre de 2007. De todas las muestras analizadas un total de 28 superan el valor límite diario de PM₁₀ de 50 µg/m³ (supone el 9,7 % del total de muestras analizadas), un 25,3% del total superan los 40 µg/m³; un 49% del total superan los 30 µg/m³ y un 85% superan 20 µg/m³.

Tabla IV. Niveles diarios de PM₁₀.

MARZO 2007	PM ₁₀ (µg/m ³)	ABRIL 2007	PM ₁₀ (µg/m ³)
Martes 13	48	Domingo 1	14
Miércoles 14	46	Lunes 2	28
Jueves 15	71	Martes 3	35
Viernes 16	67	Miércoles 4	65
Sábado 17	40	Jueves 5	36
Domingo 18	31	Viernes 6	33
Lunes 19	33	Sábado 7	36
Martes 20	33	Domingo 8	41
Miércoles 21	23	Lunes 9	43
Jueves 22	21	Martes 10	53
Viernes 23	19	Miércoles 11	52
Sábado 24	14	Jueves 12	58
Domingo 25	30	Viernes 13	54
Lunes 26	49	Sábado 14	55
Martes 27	28	Domingo 15	35
Miércoles 28	35	Lunes 16	45
Jueves 29	<i>sin dato</i>	Martes 17	39
Viernes 30	21	Miércoles 18	58
Sábado 31	22	Jueves 19	55
		Viernes 20	63
		Sábado 21	53
		Domingo 22	59
		Lunes 23	71
		Martes 24	57
		Miércoles 25	31
		Jueves 26	41
		Viernes 27	23
		Sábado 28	17
		Domingo 29	25
		Lunes 30	<i>sin dato</i>

(continúa)

Tabla IV. Niveles diarios de PM₁₀ (continuación).

MAYO 2007	PM ₁₀ (µg/m ³)	JUNIO 2007	PM ₁₀ (µg/m ³)
Martes 1	<i>sin dato</i>	Viernes 1	33
Miércoles 2	<i>sin dato</i>	Sábado 2	33
Jueves 3	<i>sin dato</i>	Domingo 3	36
Viernes 4	<i>sin dato</i>	Lunes 4	30
Sábado 5	41	Martes 5	26
Domingo 6	30	Miércoles 6	38
Lunes 7	28	Jueves 7	47
Martes 8	34	Viernes 8	52
Miércoles 9	44	Sábado 9	39
Jueves 10	25	Domingo 10	21
Viernes 11	15	Lunes 11	22
Sábado 12	18	Martes 12	24
Domingo 13	27	Miércoles 13	17
Lunes 14	27	Jueves 14	18
Martes 15	24	Viernes 15	23
Miércoles 16	24	Sábado 16	16
Jueves 17	19	Domingo 17	13
Viernes 18	28	Lunes 18	20
Sábado 19	26	Martes 19	17
Domingo 20	20	Miércoles 20	26
Lunes 21	24	Jueves 21	29
Martes 22	21	Viernes 22	23
Miércoles 23	34	Sábado 23	42
Jueves 24	40	Domingo 24	61
Viernes 25	37	Lunes 25	29
Sábado 26	23	Martes 26	24
Domingo 27	22	Miércoles 27	26
Lunes 28	32	Jueves 28	19
Martes 29	14	Viernes 29	20
Miércoles 30	25	Sábado 30	21
Jueves 31	32		

(continúa)

Tabla IV. Niveles diarios de PM₁₀ (continuación).

JULIO 2007	PM ₁₀ (µg/m ³)	AGOSTO 2007	PM ₁₀ (µg/m ³)
Domingo 1	30	Miércoles 1	17
Lunes 2	20	Jueves 2	22
Martes 3	22	Viernes 3	29
Miércoles 4	33	Sábado 4	36
Jueves 5	34	Domingo 5	28
Viernes 6	21	Lunes 6	34
Sábado 7	18	Martes 7	27
Domingo 8	13	Miércoles 8	24
Lunes 9	25	Jueves 9	23
Martes 10	20	Viernes 10	34
Miércoles 11	18	Sábado 11	32
Jueves 12	28	Domingo 12	18
Viernes 13	25	Lunes 13	22
Sábado 14	23	Martes 14	12
Domingo 15	17	Miércoles 15	27
Lunes 16	29	Jueves 16	34
Martes 17	26	Viernes 17	23
Miércoles 18	24	Sábado 18	17
Jueves 19	21	Domingo 19	33
Viernes 20	19	Lunes 20	28
Sábado 21	13	Martes 21	34
Domingo 22	12	Miércoles 22	29
Lunes 23	29	Jueves 23	33
Martes 24	33	Viernes 24	30
Miércoles 25	21	Sábado 25	27
Jueves 26	26	Domingo 26	37
Viernes 27	23	Lunes 27	52
Sábado 28	12	Martes 28	43
Domingo 29	27	Miércoles 29	41
Lunes 30	27	Jueves 30	26
Martes 31	41	Viernes 31	20

(continúa)

Tabla IV. Niveles diarios de PM₁₀ (continuación).

SEPTIEMBRE 2007	PM ₁₀ (µg/m ³)	OCTUBRE 2007	PM ₁₀ (µg/m ³)
Sábado 1	16	Lunes 1	27
Domingo 2	26	Martes 2	36
Lunes 3	19	Miércoles 3	30
Martes 4	16	Jueves 4	45
Miércoles 5	25	Viernes 5	40
Jueves 6	29	Sábado 6	40
Viernes 7	25	Domingo 7	40
Sábado 8	22	Lunes 8	42
Domingo 9	24	Martes 9	38
Lunes 10	29	Miércoles 10	40
Martes 11	24	Jueves 11	28
Miércoles 12	27	Viernes 12	31
Jueves 13	40	Sábado 13	38
Viernes 14	40	Domingo 14	48
Sábado 15	63	Lunes 15	43
Domingo 16	71	Martes 16	33
Lunes 17	32	Miércoles 17	33
Martes 18	25	Jueves 18	38
Miércoles 19	32	Viernes 19	44
Jueves 20	55	Sábado 20	56
Viernes 21	41	Domingo 21	50
Sábado 22	25	Lunes 22	49
Domingo 23	23	Martes 23	49
Lunes 24	24	Miércoles 24	28
Martes 25	36	Jueves 25	37
Miércoles 26	33	Viernes 26	44
Jueves 27	27	Sábado 27	39
Viernes 28	31	Domingo 28	57
Sábado 29	17	Lunes 29	48
Domingo 30	15	Martes 30	34
		Miércoles 31	24

(continúa)

Tabla IV. Niveles diarios de PM₁₀ (continuación).

NOVIEMBRE 2007	PM ₁₀ (µg/m ³)	DICIEMBRE 2007	PM ₁₀ (µg/m ³)
Jueves 1	22	Sábado 1	23
Viernes 2	33	Domingo 2	18
Sábado 3	30	Lunes 3	38
Domingo 4	39	Martes 4	22
Lunes 5	33	Miércoles 5	36
Martes 6	34	Jueves 6	31
Miércoles 7	42	Viernes 7	35
Jueves 8	40	Sábado 8	18
Viernes 9	23	Domingo 9	40
Sábado 10	38	Lunes 10	38
Domingo 11	44	Martes 11	34
Lunes 12	42	Miércoles 12	42
Martes 13	29	Jueves 13	60
Miércoles 14	31	Viernes 14	51
Jueves 15	29	Sábado 15	53
Viernes 16	26	Domingo 16	52
Sábado 17	44	Lunes 17	48
Domingo 18	30	Martes 18	53
Lunes 19	19	Miércoles 19	16
Martes 20	22	Jueves 20	27
Miércoles 21	18	Viernes 21	47
Jueves 22	29	Sábado 22	49
Viernes 23	25	Domingo 23	43
Sábado 24	28	Lunes 24	50
Domingo 25	24	Martes 25	27
Lunes 26	25	Miércoles 26	36
Martes 27	17	Jueves 27	43
Miércoles 28	37	Viernes 28	38
Jueves 29	34	Sábado 29	34
Viernes 30	28	Domingo 30	48
		Lunes 31	34

A continuación, en la figura 7 se expresan los resultados en forma de gráfica donde se pueden ver la evolución de los niveles diarios de PM₁₀. Como se puede observar, es en el mes de abril cuando se producen el mayor número de superaciones del valor límite diario con un total de 13 seguido del mes de diciembre con 5.

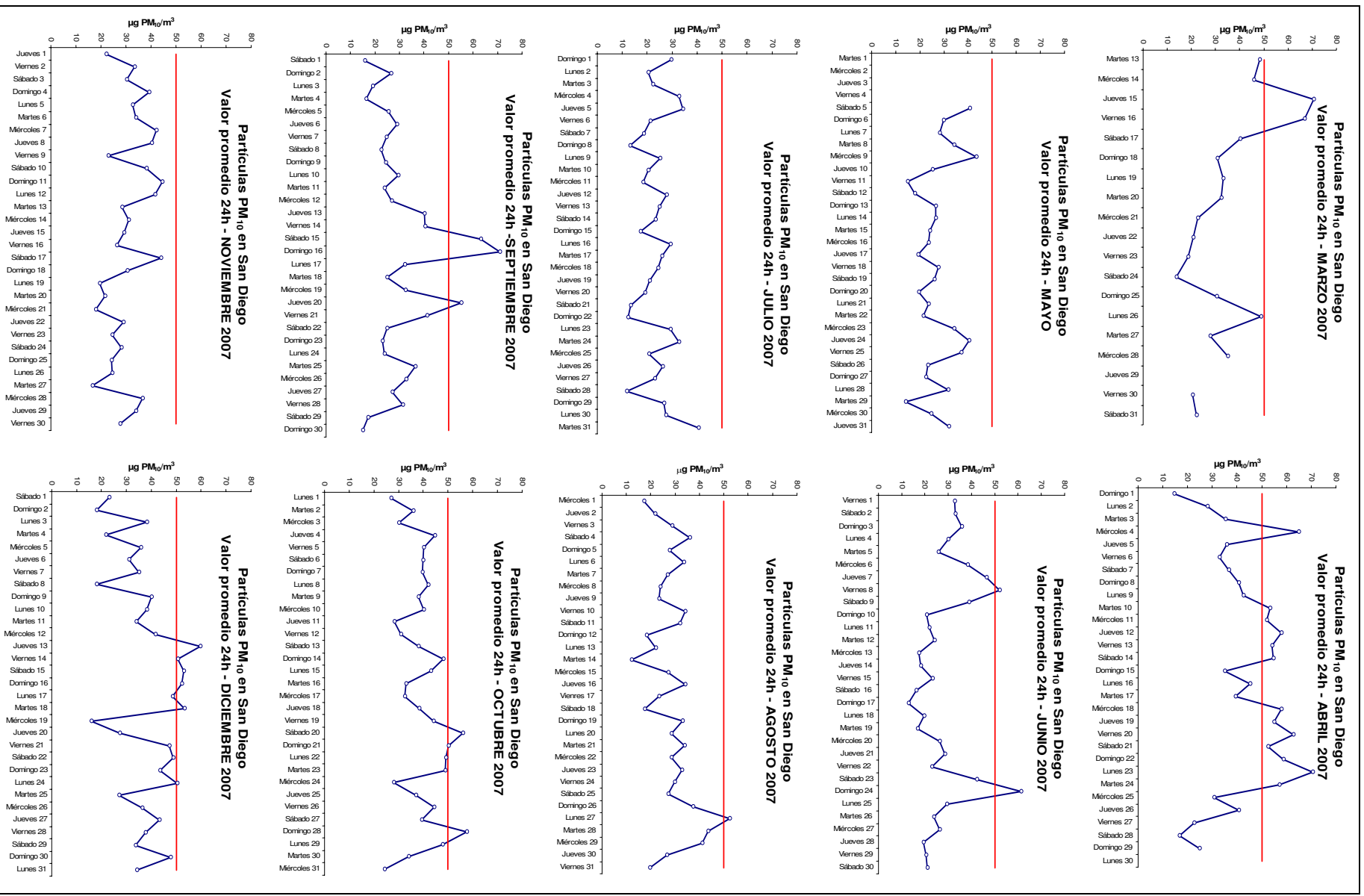


Figura 7. Evolución del promedio diario (24h) de los niveles de partículas PM₁₀.

Para evaluar la influencia de la precipitación en los niveles de materia particulada PM_{10} se ha representado el valor promedio mensual frente a la media mensual de los niveles de PM_{10} (figura 8). Así, se observan las grandes diferencias entre los distintos meses de estudio, como era de esperar. Las precipitaciones más abundantes han sido en verano e invierno y las menos frecuentes en primavera y otoño. Los datos de precipitación han sido obtenidos en la estación de inmisión situada en el Castrillón perteneciente al Ayuntamiento de A Coruña.

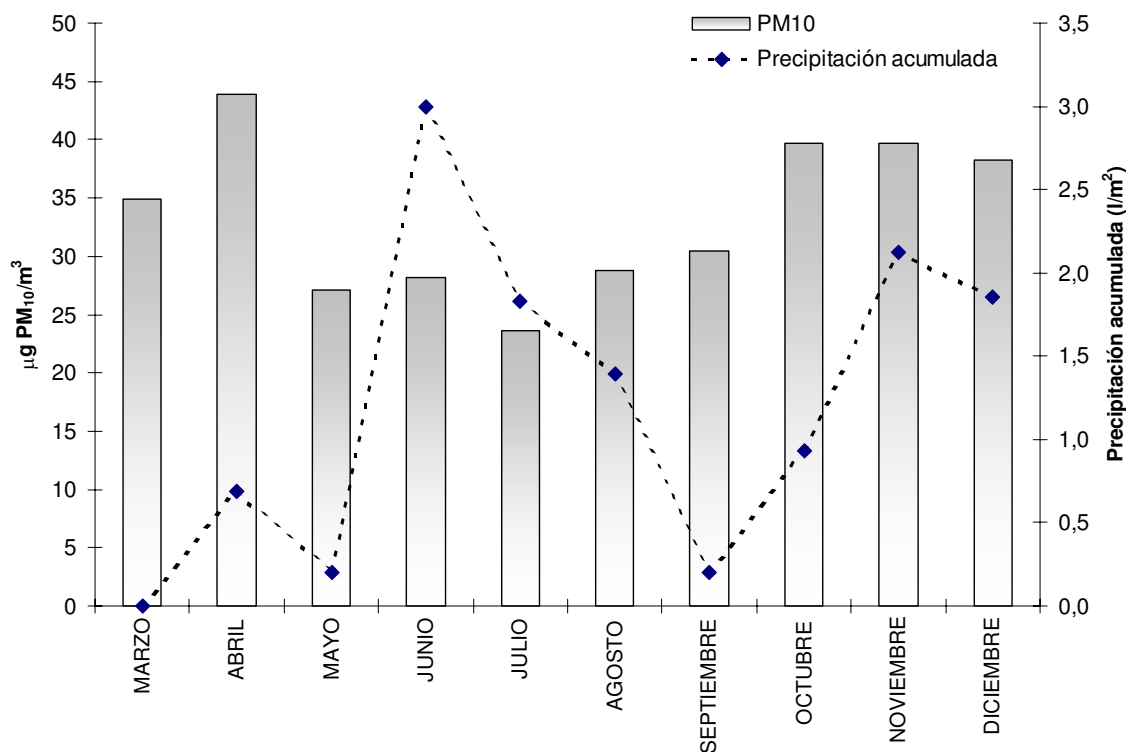


Figura 8. Niveles promedio mensuales de PM_{10} y de precipitación acumulada.

Si se hace una discusión más detallada representando la precipitación acumulada diaria se observa que en los meses más lluviosos la precipitación se registra solamente durante algunos días al mes (figura 9). La escasa precipitación durante el período de muestreo y el emplazamiento del equipo de muestreo no permiten establecer una clara correlación, aunque se observe que en los días de lluvia la concentración de PM_{10} en el aire disminuye. Para un estudio más exhaustivo sería conveniente disponer de un inventario de las posibles fuentes de emisión cercanas, conocer los niveles de ciertos gases contaminantes, y de otros datos de variables meteorológicas como dirección y velocidad de viento, temperatura, humedad en el punto de muestreo.

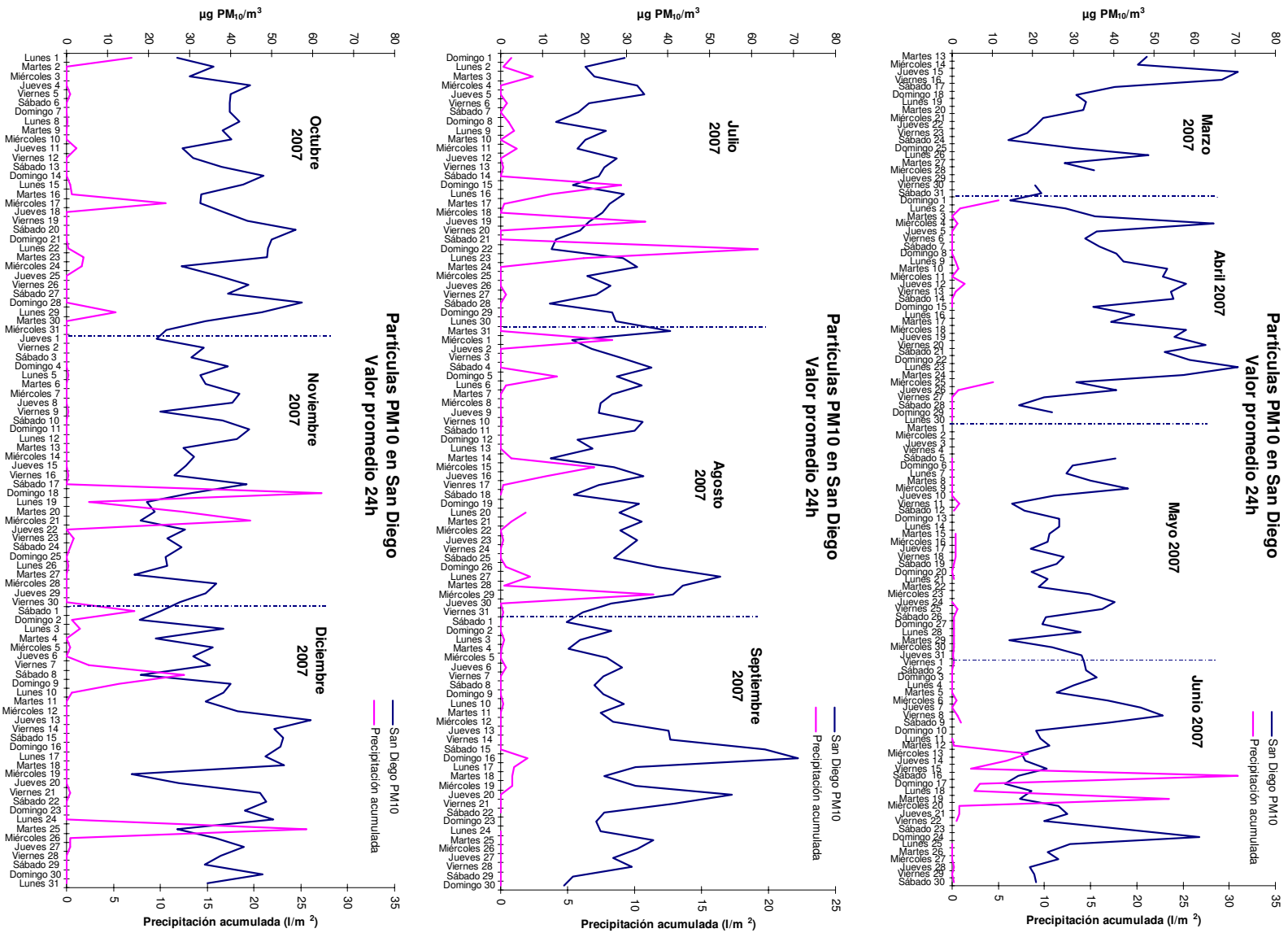


Figura 9. Influencia de la precipitación en los niveles promedios diarios de partículas PM₁₀.

NIVELES DE PM_{10} , $PM_{2,5}$ Y PM_1 SEGÚN ESPECTRÓMETRO LÁSER

Como se ha comentado anteriormente a partir del día 10 de mayo se muestreó simultáneamente con un espectrómetro láser GRIMM obteniendo valores para las tres fracciones granulométricas PM_{10} , $PM_{2,5}$ y PM_1 . Aunque este método de medida en continuo no es método de referencia⁴ (pero se puede comparar con un equipo de referencia y obtener un factor de corrección, como se comentará posteriormente), sin embargo, aporta una ventaja adicional, que posibilita la realización de un seguimiento en base horaria de los niveles registrados y poder establecer relaciones de los niveles de inmisión con las emisiones en el entorno y los escenarios meteorológicos.

El método de muestreo y medida de referencia gravimétrico y manual proporciona la información sobre los niveles de PM registrados con varios días de retraso respecto al método de medida en continuo, y además la medida gravimétrica tiene un período de integración de 24 h. Sin embargo, los métodos de medida en tiempo real permiten obtener los registros con carácter inmediato, lo cual es de vital importancia a la hora de establecer el correcto diagnóstico y aportar información a la población en caso de necesidad. Además, la resolución horaria de la medida permite la identificación de procesos y fuentes de emisión con impacto en la calidad del aire. Por estos motivos la mayor parte de las estaciones de control de la calidad de aire en la UE utilizan técnicas automáticas de medida de contaminantes.

En este apartado se indican los valores obtenidos directamente del equipo automático sin aplicarles el factor de corrección calculado de 1,27 para PM_{10} (ver en Anexo II los cálculos del factor gravimétrico).

Los niveles medios mensuales y el promedio anual de las tres fracciones granulométricas se muestran en la tabla V. Tal y como se ha comentado al inicio de este informe, actualmente existe una propuesta de Directiva Europea^{5,6,7} complementaria a la Directiva existente para PM_{10} para regular los niveles de $PM_{2,5}$ con el objetivo de reducir la exposición a la población de dichas partículas y establecer un valor objetivo anual para 2010 de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ único para el territorio de la Unión Europea (UE), es decir, para los diferentes tipos de estaciones, que posteriormente se convertirá en valor límite. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos y “suponiendo” el mismo factor gravimétrico de 1,27 calculado para PM_{10} , el valor promedio anual de $PM_{2,5}$ en el punto de muestreo sería de $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

En la figura 10 se indica la evolución del promedio mensual para cada fracción en donde se observa que sí existe una marcada estacionalidad en cuanto a los niveles de las tres fracciones, fundamentalmente las fracciones de $PM_{2,5}$ y más acusadamente en la fracción de PM_1 , observando las diferencias claras entre primavera/verano y otoño/invierno.

Tabla V. Resumen global de los valores correspondientes a las tres fracciones granulométricas.

	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁
	(µg/m ³)		
Mayo	24	16	10
Junio	23	18	12
Julio	18	13	9
Agosto	22	16	10
Septiembre	24	18	12
Octubre	29	23	17
Noviembre	25	19	14
Diciembre	27	21	18
Media Anual	24	18	13

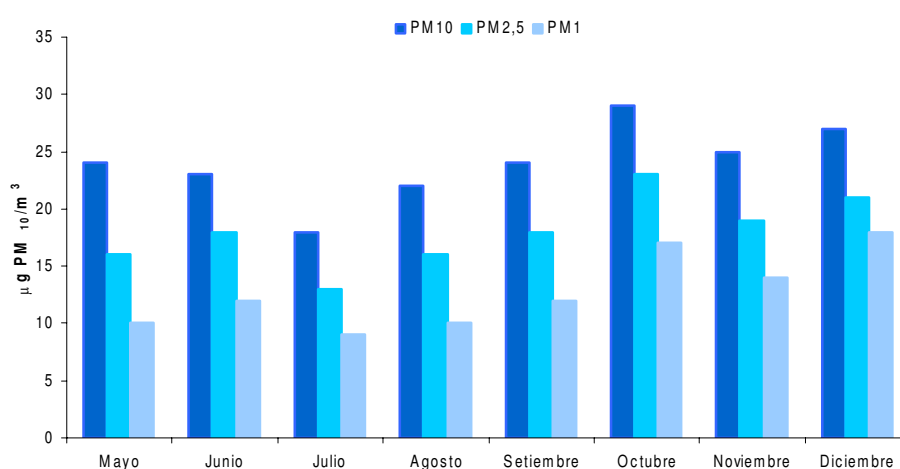


Figura 10. Evolución mensual de los niveles de PM₁₀, PM_{2,5} y PM₁ de 10 de mayo a 31 de diciembre de 2007.

La granulometría del material particulado en el aire depende de la naturaleza de los focos emisores. Es importante destacar que como media del período de muestreo (de 10 de mayo a 31 de diciembre) el 75% de la fracción de PM₁₀ está constituida por PM_{2,5} y un 69% de ésta está constituida por PM₁. Esto quiere decir que la granulometría del material particulado estuvo dominada por la moda fina (tabla VI).

Tabla VI. Valores de las ratios entre las diferentes fracciones granulométricas.

	PM _{2,5} /PM ₁₀	PM ₁ /PM _{2,5}	PM ₁ /PM ₁₀
Mayo	0,69	0,61	0,42
Junio	0,74	0,65	0,49
Julio	0,75	0,63	0,48
Agosto	0,73	0,63	0,46
Septiembre	0,74	0,67	0,50
Octubre	0,79	0,74	0,59
Noviembre	0,78	0,71	0,56
Diciembre	0,79	0,82	0,65
Anual	0,75	0,69	0,52

En la figura 11 se puede observar la evolución de las ratios entre las diferentes fracciones granulométricas a lo largo de los meses de muestreo. La ratio $PM_{2,5}/PM_{10}$ no sigue una tendencia estacional con una variación de un 4% a lo largo de todo el período mientras que para las ratios $PM_1/PM_{2,5}$ y PM_1/PM_{10} , las variaciones son del 10 y del 14%, respectivamente.

A la vista de las gráficas 10 y 11, se observa que la mayor parte de PM_{10} está constituido por partículas finas, con diámetros inferiores a $2.5 \mu m$ y de las $PM_{2,5}$, en los meses de invierno, la mayor parte son partículas inferiores a $1 \mu m$. Este hecho se ve corroborado por el aumento de las ratios $PM_1/PM_{2,5}$ en los meses de invierno lo que significa que la contribución de las partículas más finas al PM_{10} es mayor en esos meses.

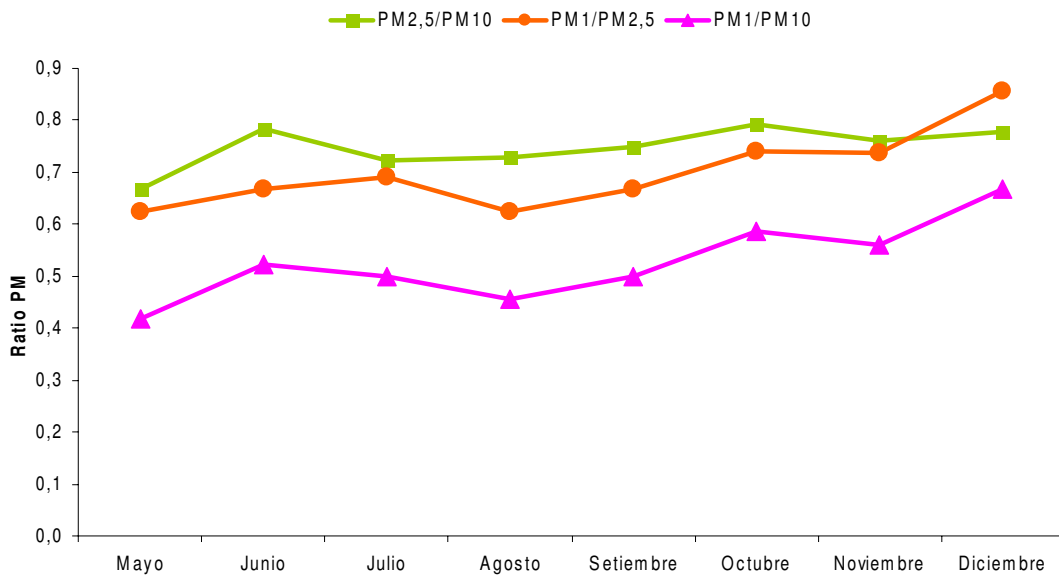
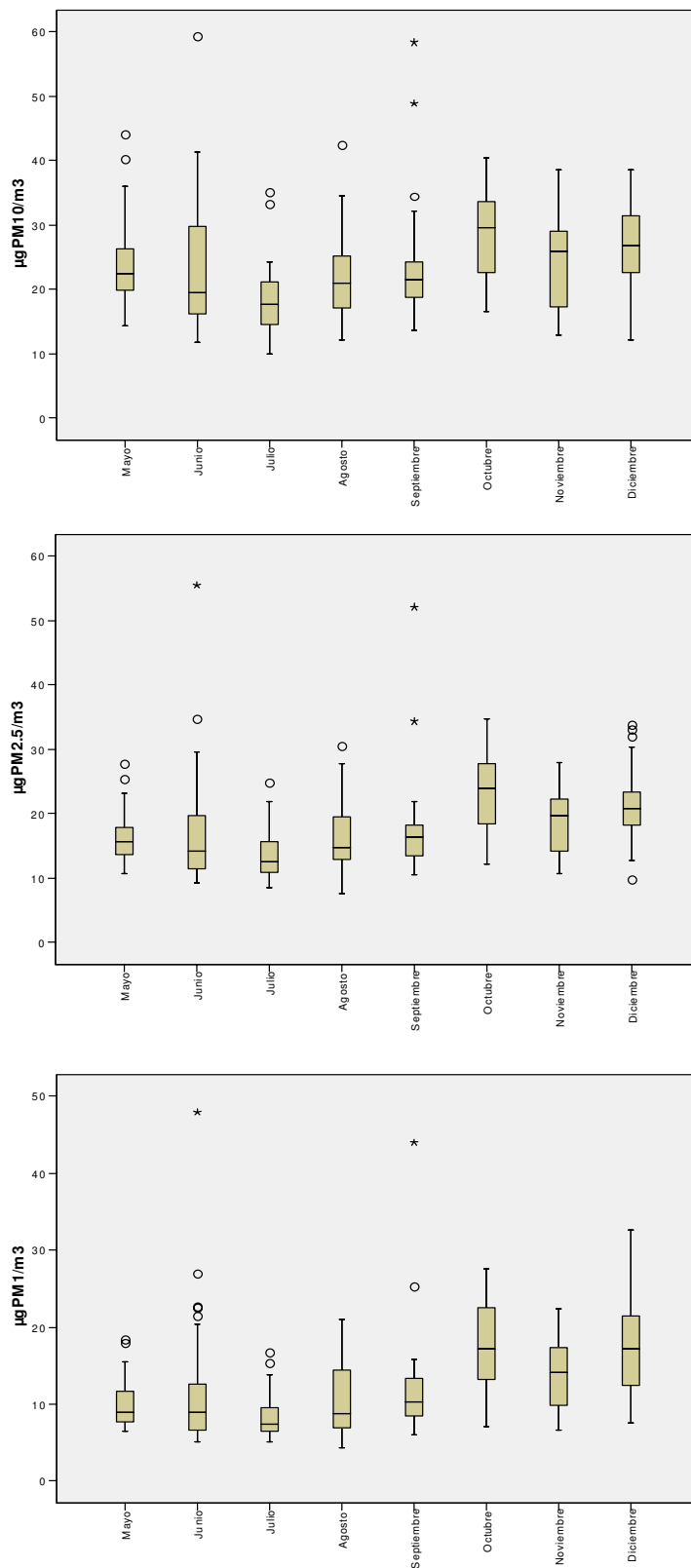


Figura 11. Evolución mensual de las ratios de las tres fracciones granulométricas de 10 de mayo a 31 de diciembre de 2007.

Para una visualización rápida de los resultados se representan las gráficas de Box-Whisker (figura 12) en donde se observa la dispersión de los niveles durante el período de muestreo.

A continuación y para hacer un estudio con más detalle se presenta en la figura 13 la evolución de la media diaria de las tres fracciones granulométricas, observando la evolución de las mismas a lo largo de los 236 días de muestreo y en la cual se puede observar la variabilidad tanto en los niveles totales de cada fracción como en el porcentaje relativo que contribuye cada una de ellas al total de PM_{10} .



° Casos con valores entre 1,5 y 3 longitudes de caja desde el borde superior o inferior de la caja. La longitud de la caja es la amplitud intercuartil.

* Casos con valores superiores a 3 longitudes de caja desde el borde superior o inferior de la caja. La longitud de la caja es la amplitud intercuartil.

Figura 12. Diagramas de Box-Whisker para los niveles medios mensuales de las fracciones granulométricas desde el 10 de mayo a 31 de diciembre de 2007

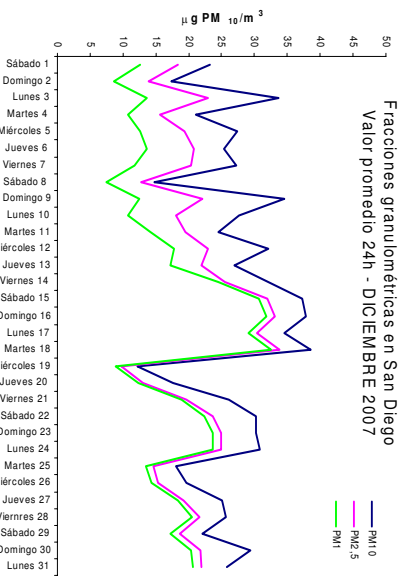
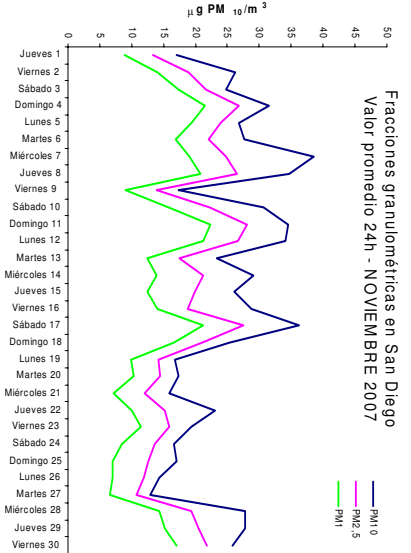
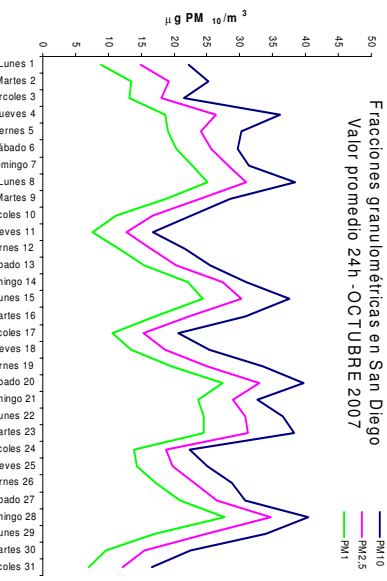
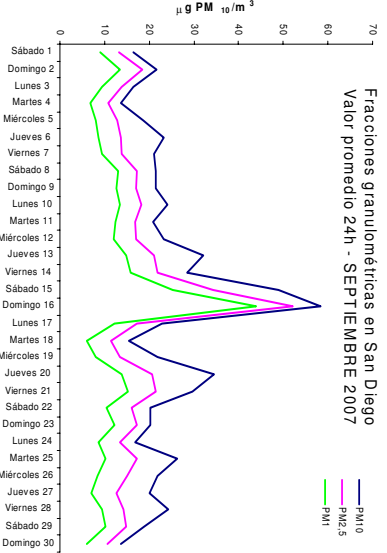
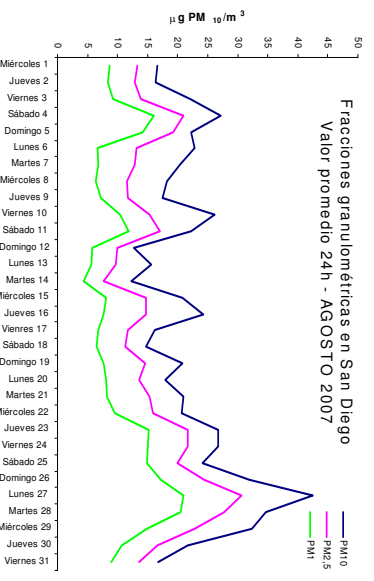
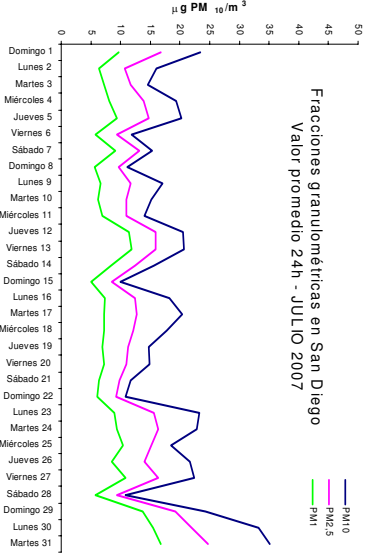
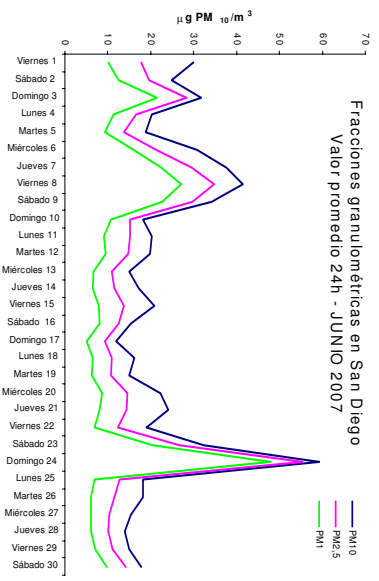
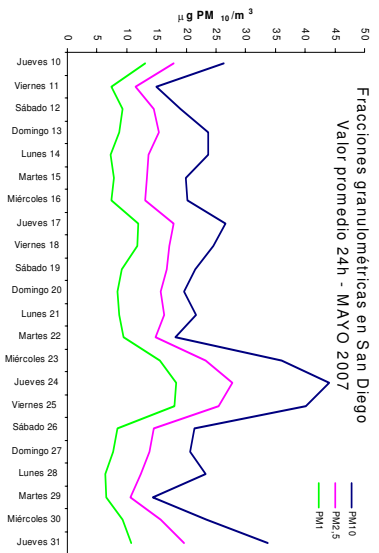
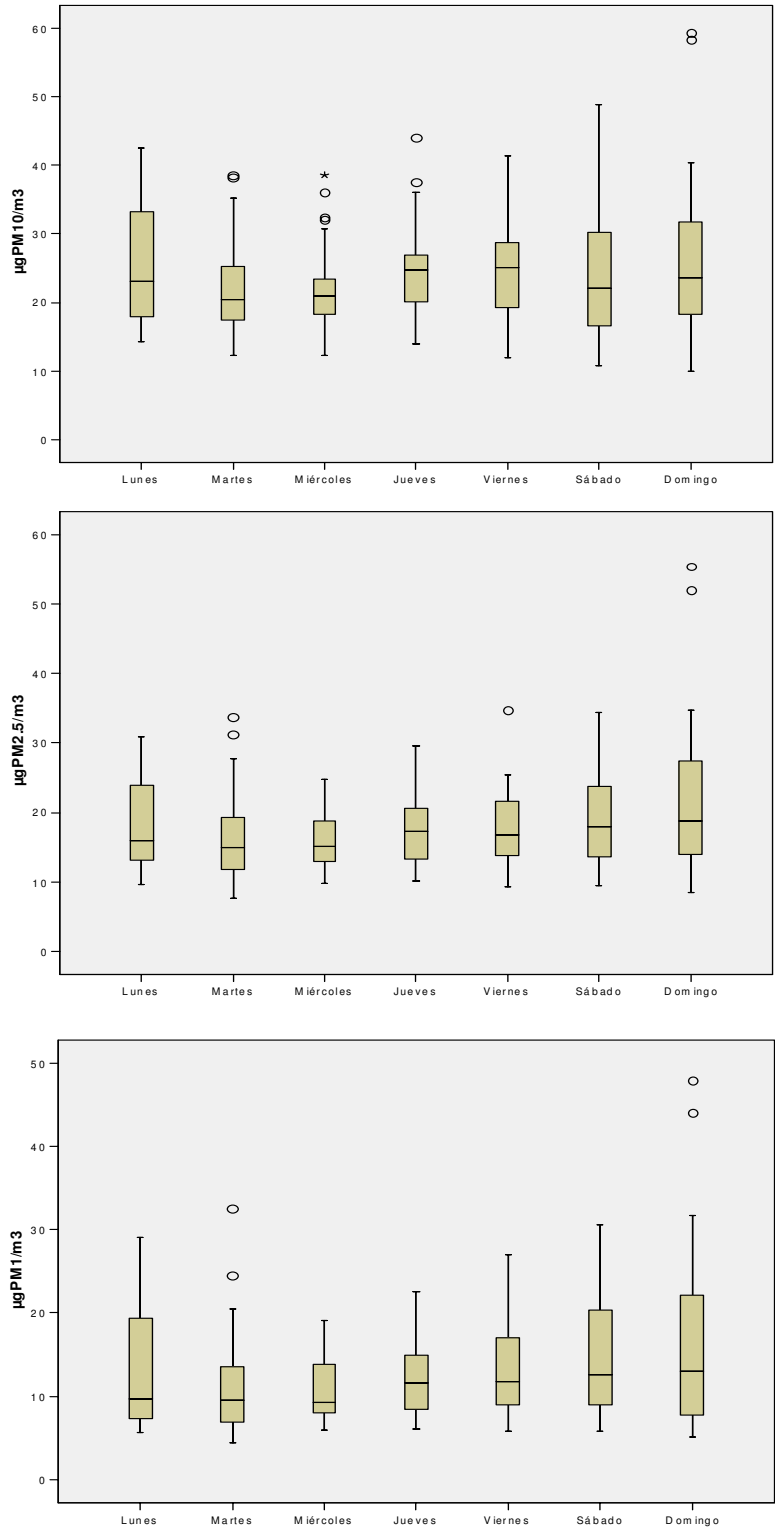


Figura 13. Evolución de la media diaria de material particulado (PM₁₀, PM_{2.5} y PM₁) de 10 de mayo a 31 de diciembre de 2007.

Las representaciones de Box-Whisker (figura 14) indican la variabilidad existente para las tres fracciones según el día de la semana.



° Casos con valores entre 1,5 y 3 longitudes de caja desde el borde superior o inferior de la caja. La longitud de la caja es la amplitud intercuartil.

* Casos con valores superiores a 3 longitudes de caja desde el borde superior o inferior de la caja. La longitud de la caja es la amplitud intercuartil.

Figura 14. Diagramas de Box-Whisker para los niveles medios diarios en función del día de muestreo de las fracciones granulométricas desde el 10 de mayo a 31 de diciembre de 2007

En las siguientes figuras 15, 16 y 17 se representan las series temporales de los niveles medios horarios de PM_{10} , $PM_{2,5}$ y PM_1 para todo el período de muestreo, en los que se puede observar la variación horaria para cada uno de los días de muestreo. Se observa que no existe un patrón común a lo largo de los diferentes días de muestreo. Un aumento de partículas PM_{10} no siempre va acompañado de un incremento similar de partículas $PM_{2,5}$ y PM_1 ; hay diferentes franjas horarias en las que predomina la moda gruesa $PM_{10-2,5}$ frente a la moda fina. Todo ello corrobora que existen diferentes fuentes posibles de emisión de materia particulada a la atmósfera con influencia en el punto de muestreo.

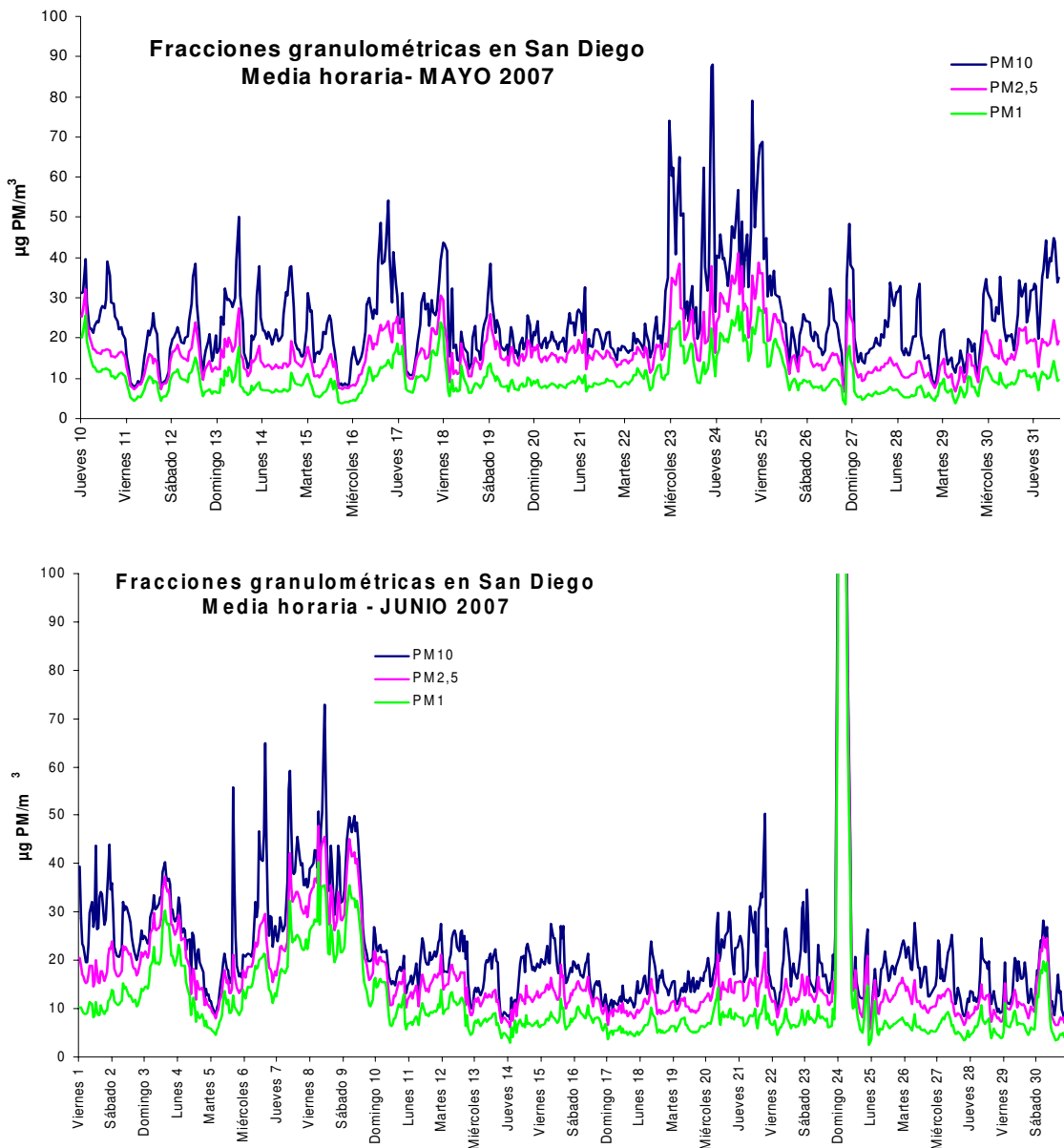


Figura 15. Series temporales de los niveles medios horarios de PM_{10} , $PM_{2,5}$ y PM_1 para los meses de mayo y junio de 2007.

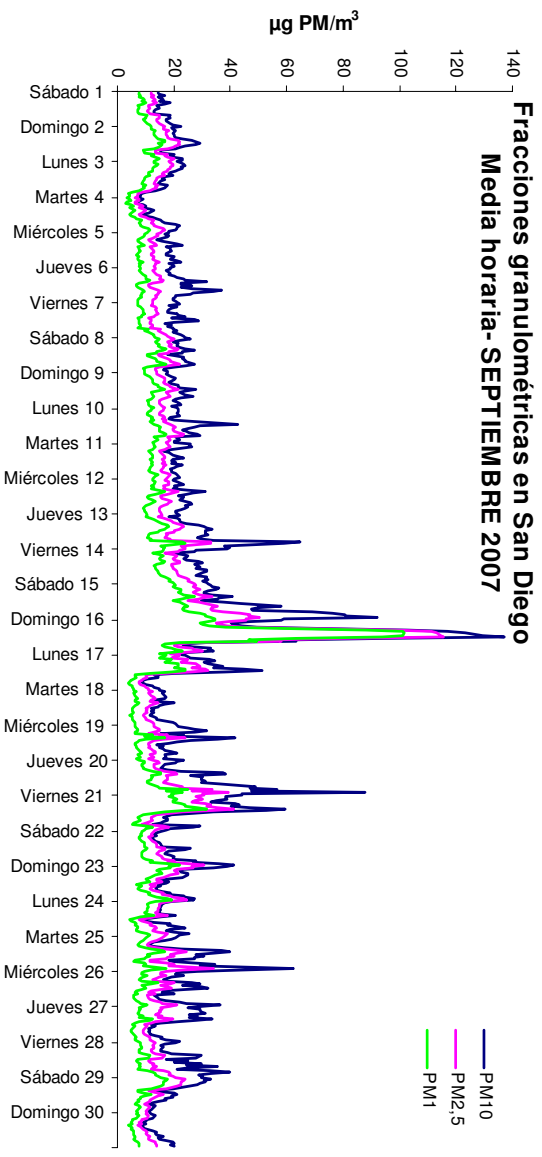
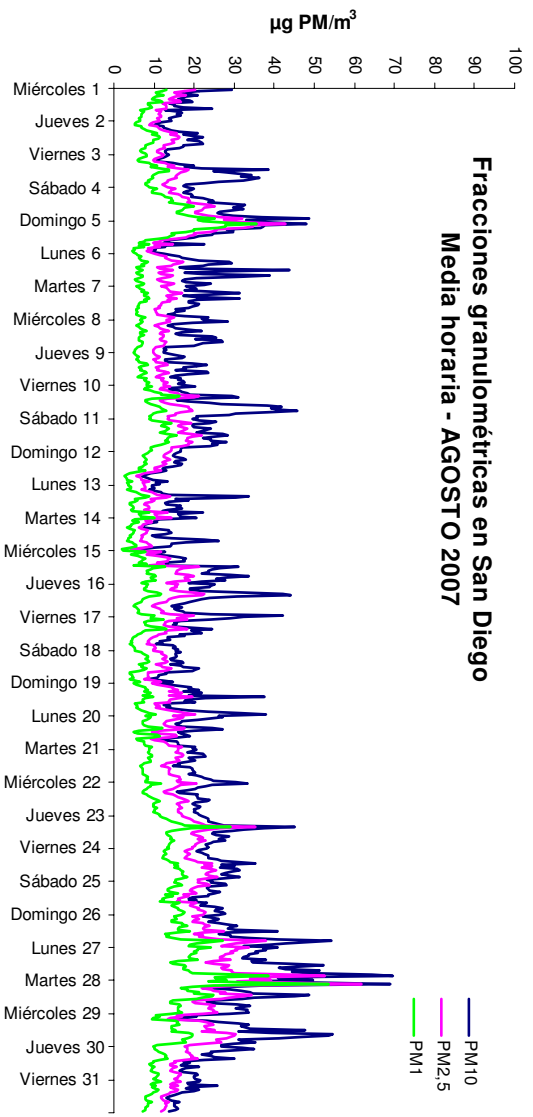
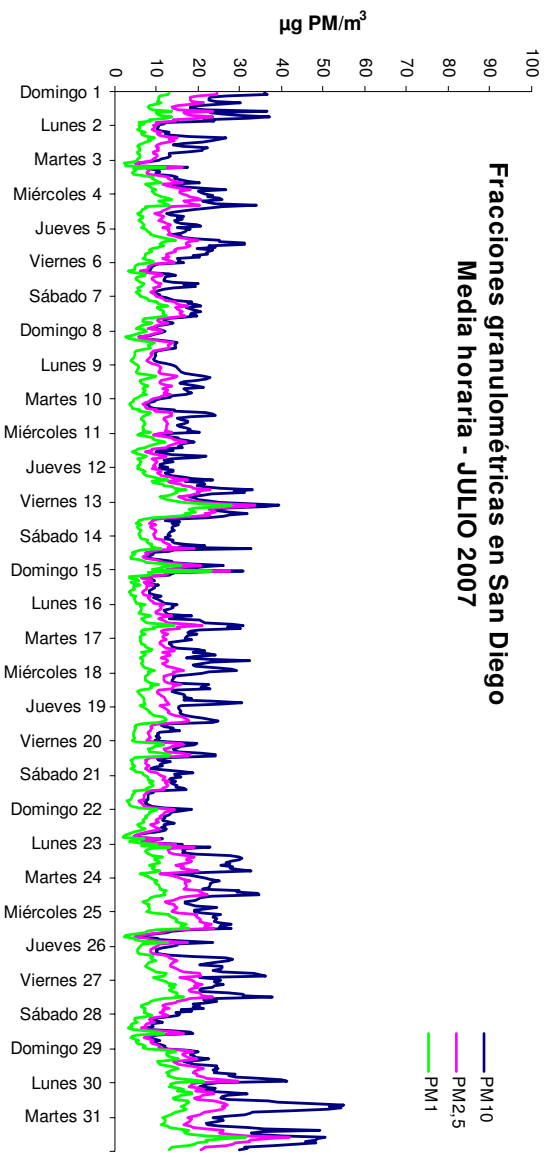


Figura 16. Series temporales de los niveles medios horarios de PM_{10} , $PM_{2.5}$ y PM_1 para los meses de julio, agosto y septiembre de 2007.

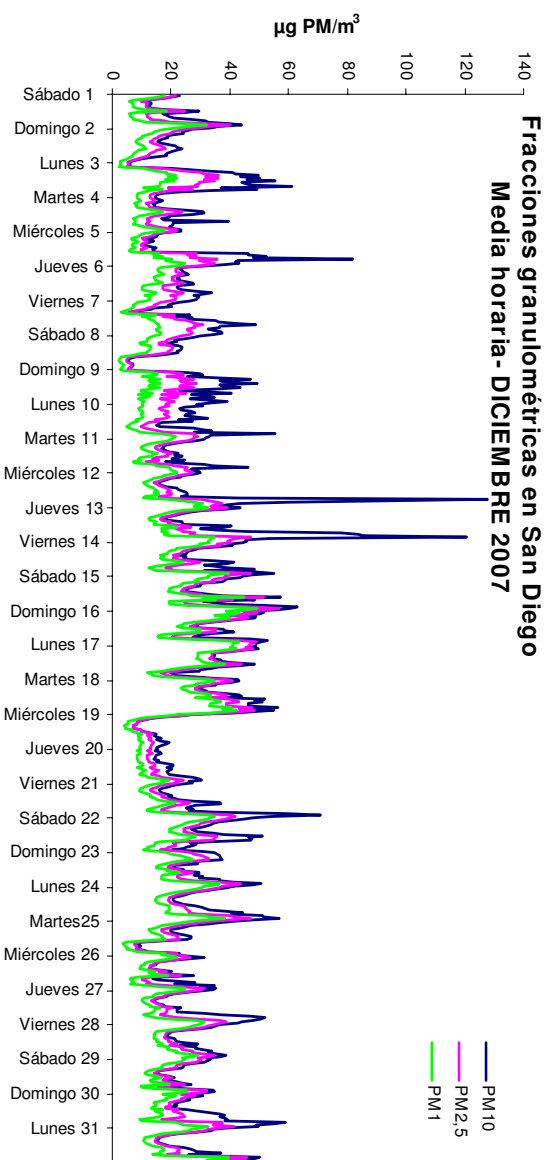
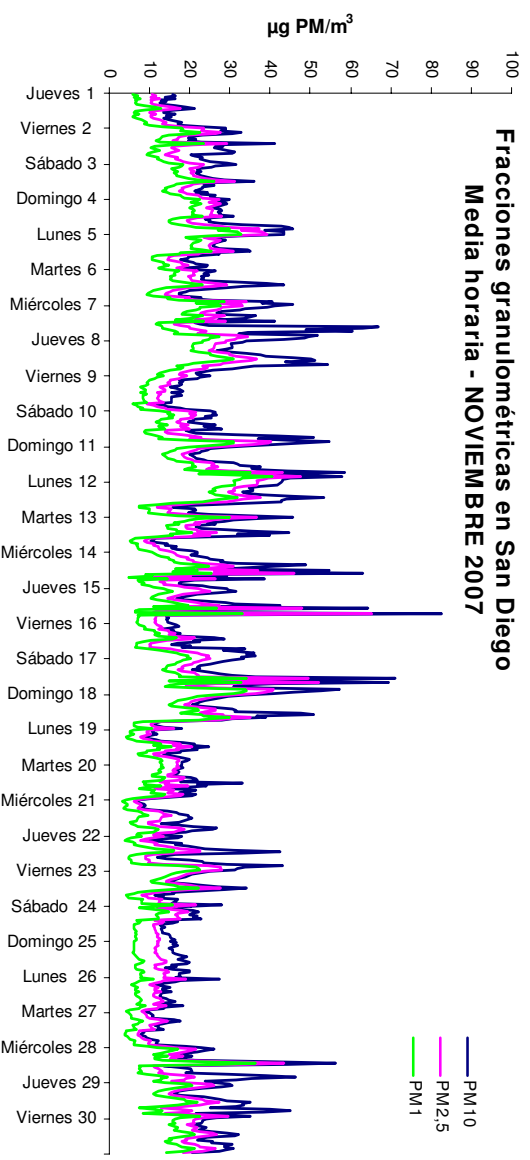
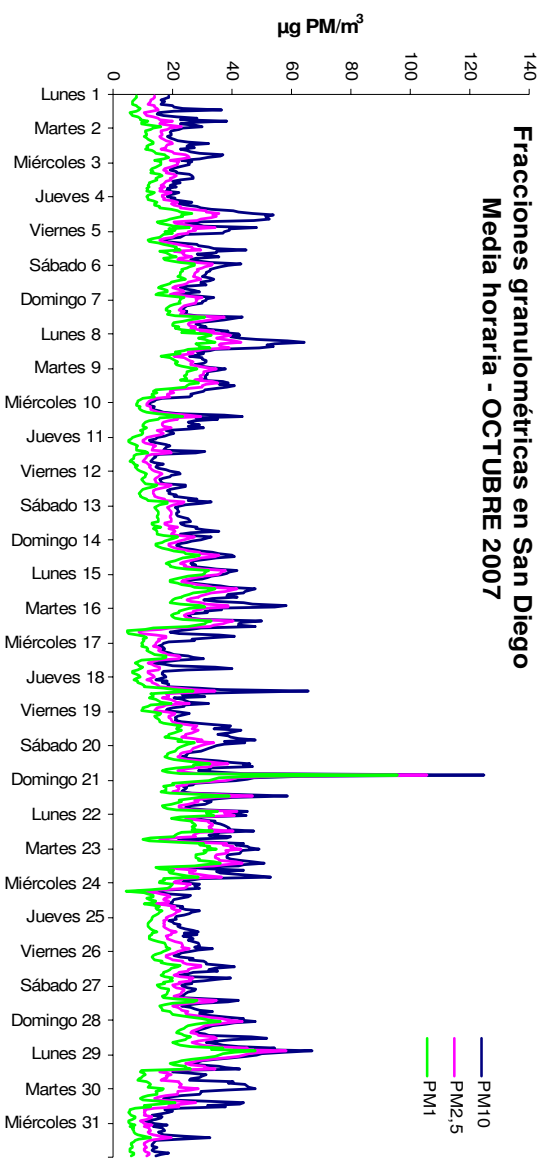
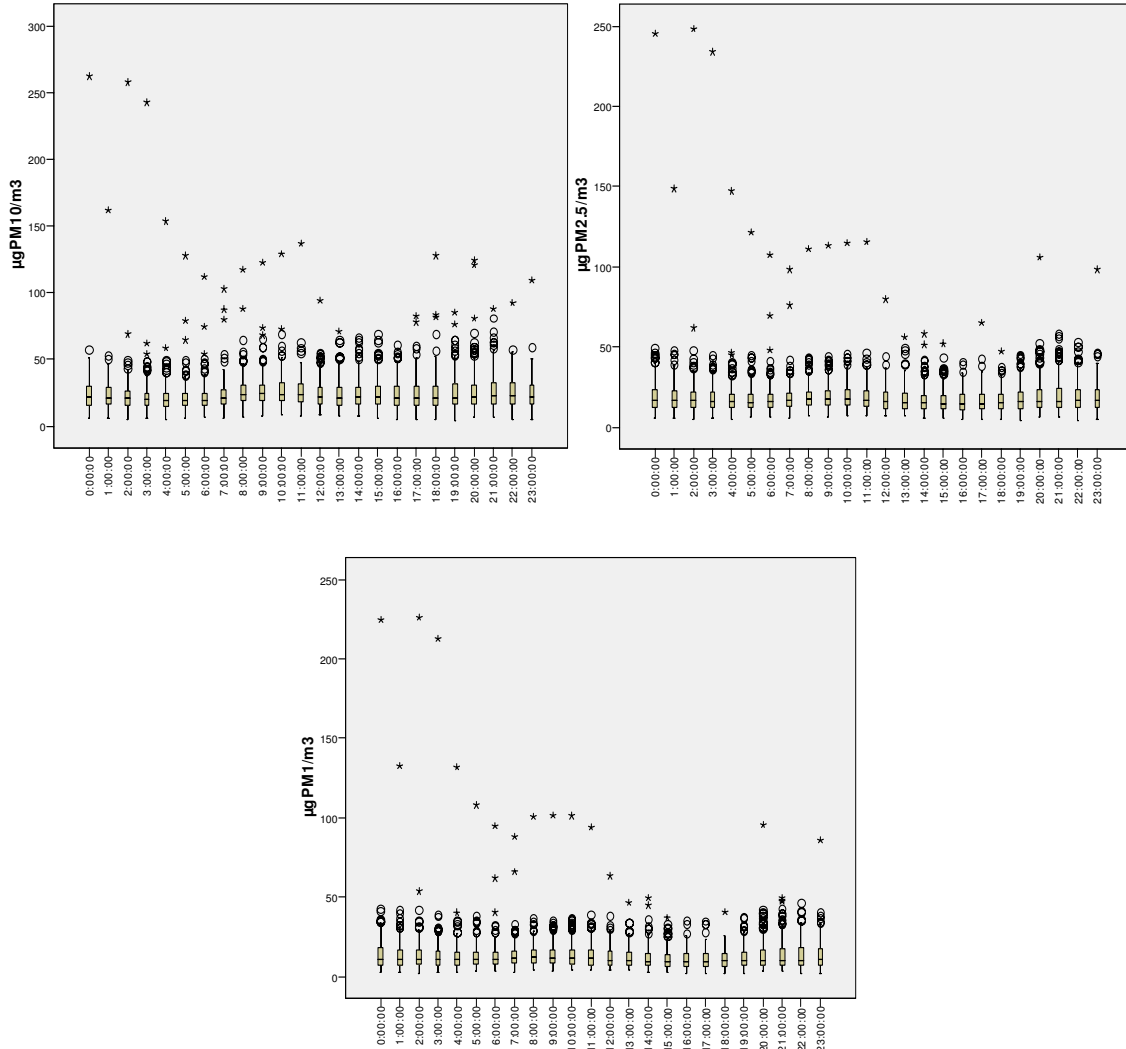


Figura 17. Series temporales de los niveles medios horarios de PM₁₀, PM_{2.5} y PM₁ para los meses de octubre, noviembre y diciembre de 2007.

Para comprobar si existe algún patrón en cuanto a la variación de la granulometría en función de las horas del día se han representado las gráficas de Box-Whisker en las que se presenta la evolución de la media horaria a lo largo de todos los días para las tres fracciones granulométricas (figura 18).



^o Casos con valores entre 1,5 y 3 longitudes de caja desde el borde superior o inferior de la caja. La longitud de la caja es la amplitud intercuartil.

* Casos con valores superiores a 3 longitudes de caja desde el borde superior o inferior de la caja. La longitud de la caja es la amplitud intercuartil.

Figura 18. Diagramas de Box-Whisker para los niveles medios horarios de las tres fracciones granulométricas desde el 10 de mayo a 31 de diciembre de 2007.

En la figura 19 se han representado las medias horarias para cada fracción y los ratios entre las diferentes fracciones para todo el período de muestreo. Se observa cómo las tres fracciones sufren variaciones a lo largo del día con valores máximos entre las 7h-13h de la mañana y que prácticamente se mantienen hasta las 23h de la noche en que empiezan a disminuir. También se observa cómo la fracción $\text{PM}_{10-2.5}$ es la que más variación sufre mientras que la moda fina $\text{PM}_{2,5-1}$ prácticamente permanece sin muchos

cambios en el transcurrir de las horas del día. Por ello las ratios $PM_{2.5}/PM_{10}$ y PM_{10}/PM_{10} son mayores durante la noche y la ratio $PM_{10}/PM_{2.5}$ se mantiene prácticamente constante a lo largo de un día.

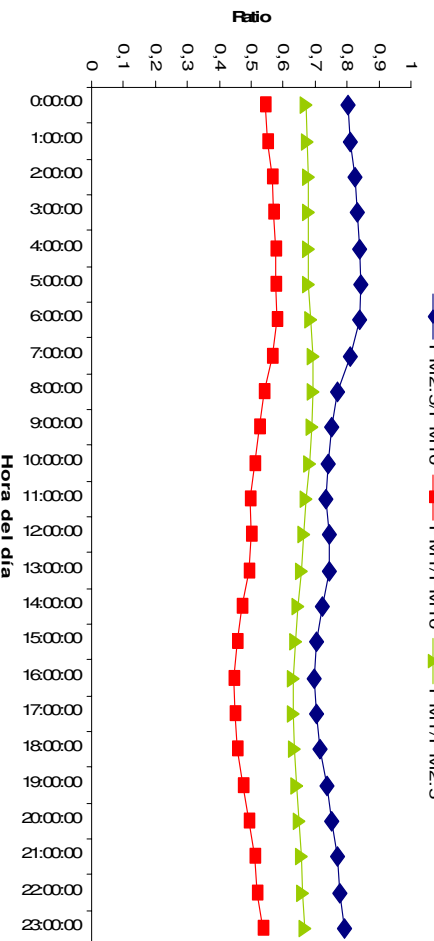
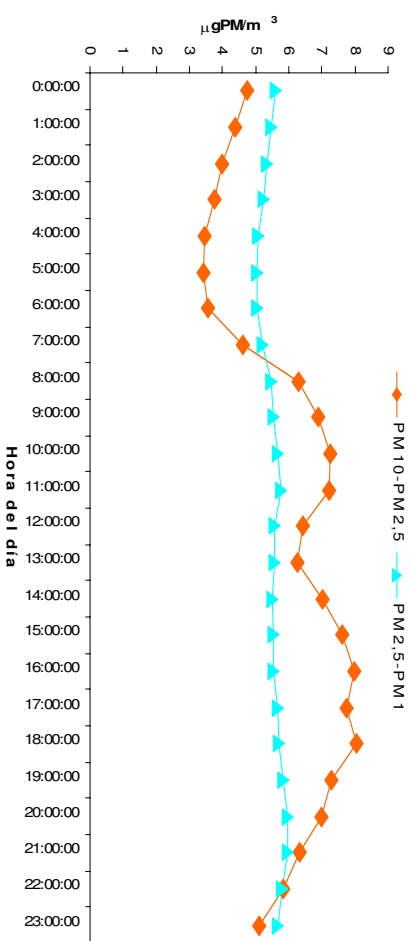
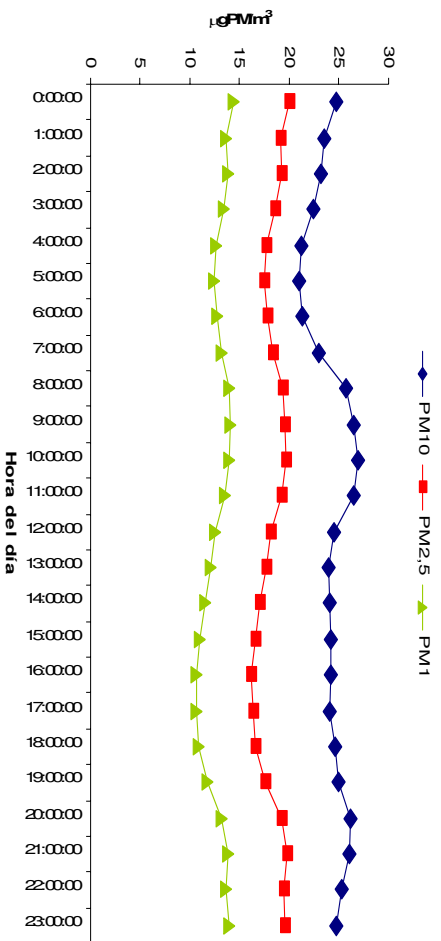


Figura 19. Evolución de los niveles medios horarios a lo largo del día de las tres fracciones granulométricas y sus ratios desde el 10 de mayo a 31 de diciembre de 2007.

CONCLUSIONES

- Se han determinado los niveles diarios de PM_{10} en la zona de Os Castros durante casi un año completo y se ha comprobado que durante el tiempo de muestreo no se han superado ni el valor límite anual para PM_{10} ni el número de superaciones permitidas. Sin embargo, es preciso hacer hincapié en que no se ha evaluado el año completo.
- El nivel medio diario de PM_{10} es de $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$. El rango oscila entre $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $71 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Los máximos se producen en los meses de marzo, abril y septiembre.
- El valor límite diario de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ se supera en 28 ocasiones. En el mes de abril tienen lugar el 47% del total de superaciones, con un total de 13. Ello podría ser debido a que el mes de abril se ha caracterizado por la presencia de estabilidad atmosférica en un porcentaje muy elevado de los días.
- Un 9,7 % de las muestras supera los $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como valor diario; un 25,3% superan los $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$; un 49% superan los $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y un 85% superan $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Los niveles medios mensuales de PM_{10} que oscilan entre los $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ del mes de julio y los $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ del mes de abril. La tendencia estacional de la concentración de PM_{10} en el punto de muestreo refleja los valores más altos a finales de invierno (octubre a diciembre) y principios de primavera (marzo-abril) y menores en verano (de mayo a septiembre).
- La escasa precipitación durante el período de muestreo y el emplazamiento del equipo de muestreo no permiten establecer una clara correlación, aunque se observe que en los días de lluvia la concentración de PM_{10} en el aire disminuye.
- Se ha calculado el factor gravimétrico de PM_{10} para el equipo automático GRIMM y resultó ser de 1,27 considerando todo el período de muestreo.
- Aproximadamente el 75% de la fracción de PM_{10} está constituida por $PM_{2,5}$ y un 69% de ésta está constituida por PM_1 .
- Existe una marcada estacionalidad en cuanto a los niveles de las tres fracciones, fundamentalmente las fracciones de $PM_{2,5}$ y más acusadamente en la fracción de PM_1 , observando las diferencias claras entre primavera/verano y otoño/invierno. Este hecho se ve corroborado por el aumento de las ratios

$PM_1/PM_{2.5}$ en los meses de invierno lo que significa que la contribución de las partículas más finas al PM_{10} es mayor en esos meses.

- Existe una gran variabilidad en cuanto a la evolución horaria de las tres fracciones granulométricas no observando un patrón diario en cuanto a los niveles de las tres fracciones granulométricas.
- Un aumento de partículas PM_{10} no siempre va acompañado de un incremento de partículas $PM_{2.5}$ y PM_1 ; hay diferentes franjas horarias en las que predomina la moda gruesa $PM_{10-2.5}$ frente a la moda fina. Todo ello corrobora que existen diferentes fuentes posibles de emisión de materia particulada a la atmósfera con influencia en el punto de muestreo.
- Para poder estimar qué fuentes producen un aumento de los niveles de partículas es necesario un estudio más exhaustivo y disponer de más información como datos meteorológicos y de contaminantes gaseosos en el punto de muestreo y también en zonas de fondo urbano y suburbano para poder determinar ciertos episodios de contaminación a larga distancia, etc.
- Es muy importante y de cara a la futura legislación disponer de datos de $PM_{2.5}$ y realizar campañas de intercomparación con equipos automáticos y referencia para evaluar el grado de cumplimiento de dicha legislación.

ANEXO I.- GRÁFICOS DE CONTROL DE LAS CONDICIONES DE HUMEDAD Y TEMPERATURA DE LA SALA DE BALANZAS PARA LA PESADA DE LOS FILTROS CON MATERIA PARTICULADA PM₁₀

Siguiendo los requisitos de las Normas UNE-EN 12341 y UNE-EN 14907:2006, los filtros de fibra de cuarzo se acondicionan durante 48 horas antes de la pesada y previamente al muestreo, a una temperatura de $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ y $50\pm 5\%$ humedad relativa. En las figuras 20 y 21 se indican los registros tanto de humedad relativa como de temperatura de la sala de balanzas.

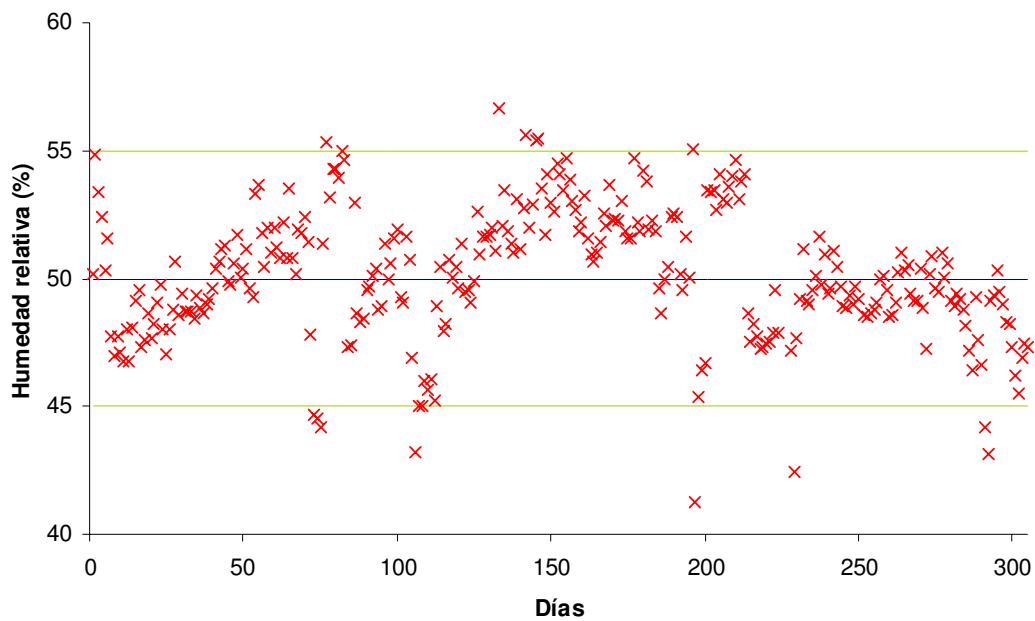


Figura 20. Carta de control del % de humedad relativa en la sala de balanzas.

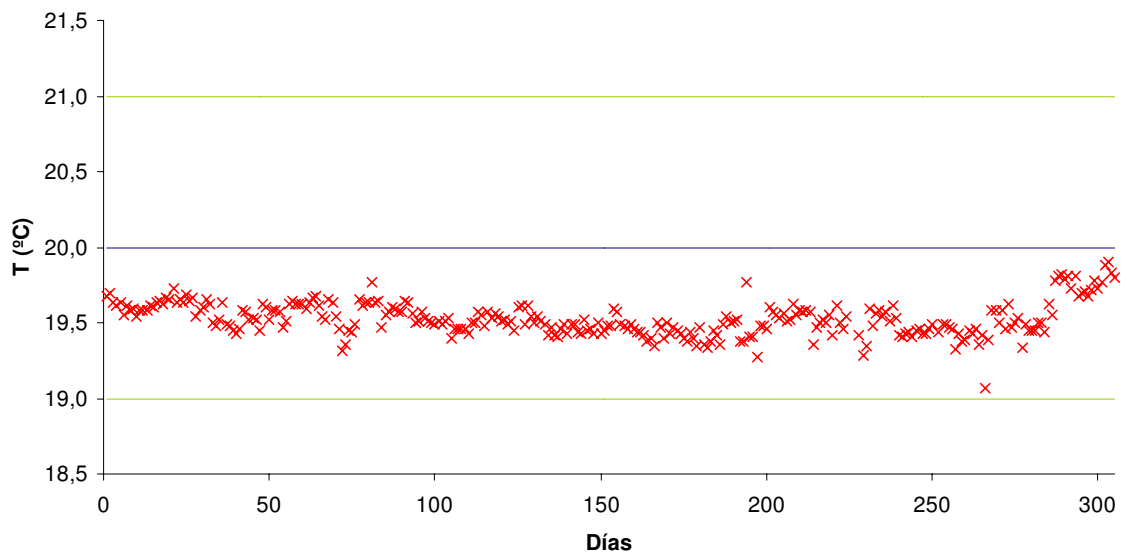


Figura 21. Carta de control de la temperatura (°C) en la sala de balanzas.

ANEXO II.- INTERCOMPARACIÓN DEL ESPECTRÓMETRO LÁSER CON EL EQUIPO GRAVIMÉTRICO

La Directiva 1999/30/CE establece las metodologías y técnicas para medir los niveles de partículas, bien utilizando la instrumentación del método de referencia o utilizando equipos que puedan demostrar su equivalencia a un instrumento de referencia. En este estudio se siguieron las recomendaciones del Grupo de Trabajo de la Comisión Europea sobre material particulado expuestas en la “Guía para los Estados Miembros sobre medidas de PM₁₀ e intercomparación con el método de referencia” para calcular el factor de corrección que hay que aplicar a las medidas del monitor. Esta información está disponible y se puede descargar de la siguiente página web: <http://europa.eu.int/comm/environment/air/pdf/finalwgreportes.pdf>.

Para ello y tal y como se comentó anteriormente se muestreó de manera simultánea con el Digitel (equipo que ha demostrado la equivalencia) y el GRIMM (método automático). En este estudio, se han utilizado 215 medidas válidas (figura 22) y únicamente valores cuya media fue >10 µg/m³ de PM₁₀ (la normativa establece un mínimo de 30 medidas continuadas):

- 134 en período de verano, desde el 10 de mayo hasta el 30 de septiembre y,
- 81 en período invernal, desde el 1 de octubre hasta el 31 de diciembre

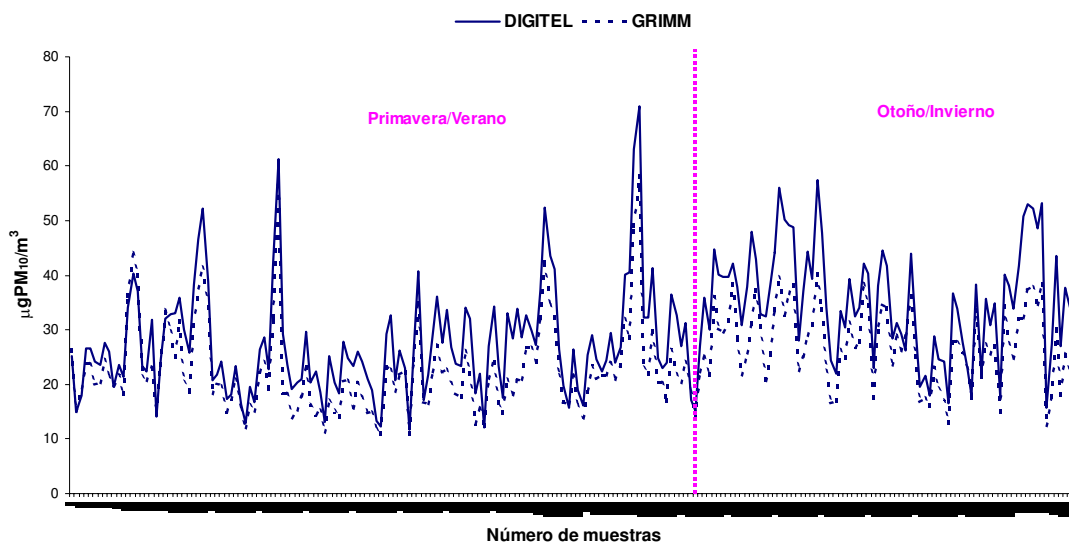


Figura 22. Comparación de las medias diarias obtenidas por el método automático (Grimm) y por el método gravimétrico (Digitel) .

Posteriormente se comparan las concentraciones de PM₁₀ obtenidas por los dos procedimientos lo que permite obtener una regresión con $r^2 \geq 0.8$ y una constante en valor absoluto inferior o igual a 5. Posteriormente se calcula el coeficiente de correlación. En el caso de que los factores ó ecuaciones obtenidos en los dos periodos

estacionales (verano/invierno) sean iguales o muy similares se podría utilizar un único factor para todo el año (figura 23).

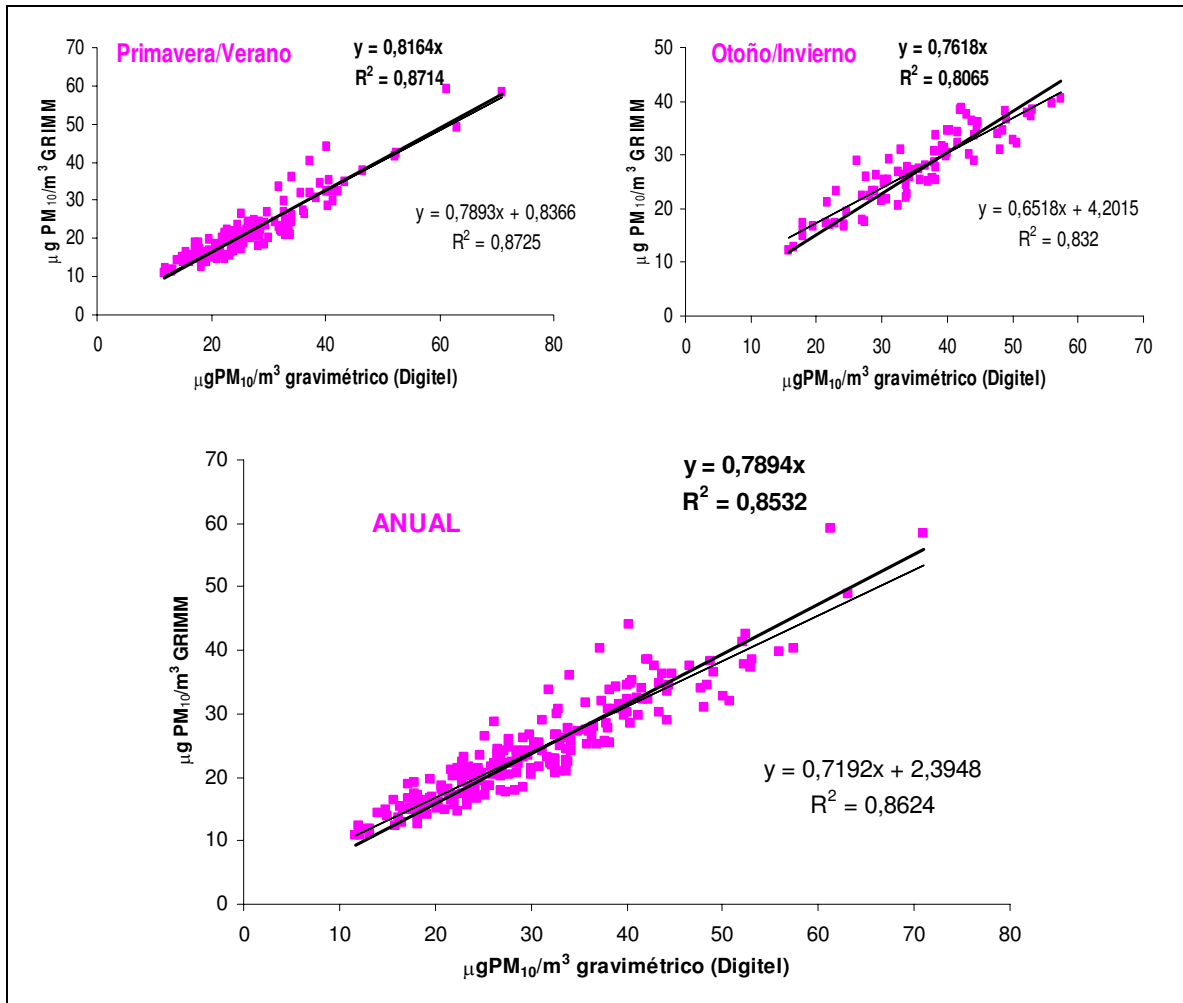


Figura 23. Correlación entre el equipo automático (espectrómetro láser) y el equipo gravimétrico (Digitel) en el punto de muestreo.

Sin embargo, si hay mucha diferencia entre ambos factores, no se puede aplicar uno de ellos o la media entre ambos para todo el periodo anual. Se considera de aplicación un único factor cuando se cumpla que la diferencia entre las medias diarias, una vez corregidas, con cada uno de los dos factores estacionales obtenidos, sea <10%. Los resultados obtenidos se muestra en la tabla VII. En nuestro caso el factor ha sido de 1,22 para la primavera/verano y de 1,31 para el otoño/invierno, por lo tanto se utilizará el factor promedio que resulta ser 1,27.

Tabla VII. Factor gravimétrico.

Mes	Factor
Primavera/verano (desde el 10 de mayo a 30 de septiembre)	1,22
Otoño/invierno (desde el 1 de octubre hasta el 31 de diciembre)	1,31
MEDIA ANUAL	1,27

ANEXO III.- ORIGEN DE LAS MASAS DE AIRE

Se ha realizado un estudio del origen de las masas de aire a partir del cálculo de las retrotrayectorias con el modelo HYSPLIT 4 (HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory)^{12,13}. Se han distinguido ocho sectores (figura 24), en donde: AN (Atlántico Norte), ANW (Atlántico Noroeste), AW (Atlántico Oeste), ASW (Atlántico Suroeste), NAF (Norte de África), ME (Mediterráneo), EU (Europa Central), REG (Recirculación regional de masas de aire).

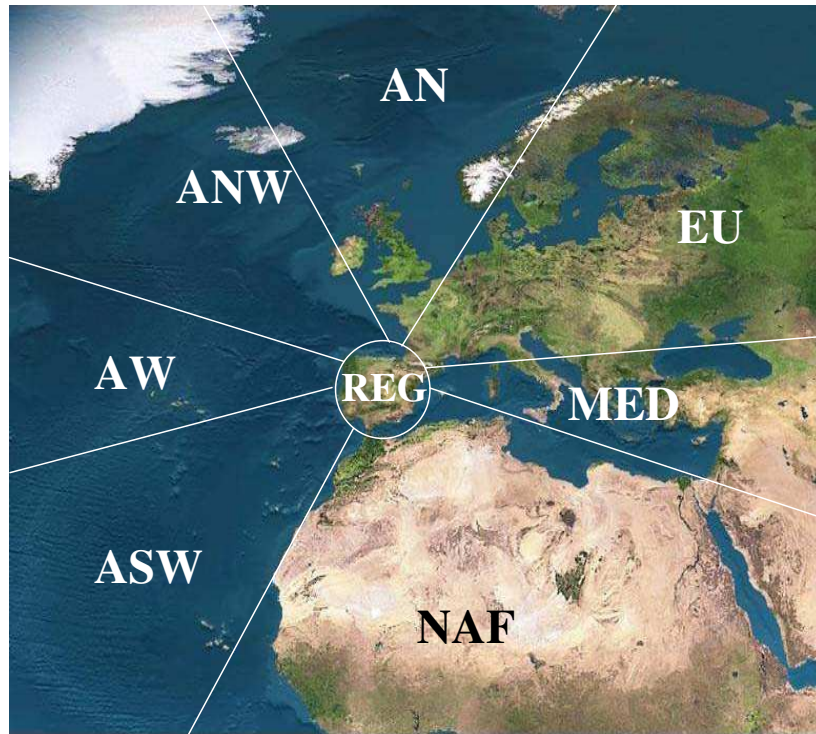


Figura 24. Clasificación del origen de las masas de aire.

En la figura 25 se indica el número de días con influencia de masas de aire de diferente origen, observando que aproximadamente el 75% de los días existió un claro predominio del transporte de masas de aire procedentes de diversos sectores del océano Atlántico. En la figura 26 se indica el porcentaje de días dentro de cada mes según el origen de las masas de aire y así indicar la evolución estacional de los escenarios de transporte.

¹² Draxler, R.R. and Rolph, G.D., 2003. HYSPLIT (HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory) Model access via NOAA ARL READY Website (<http://www.arl.noaa.gov/ready/hysplit4.html>). NOAA Air Resources Laboratory, Silver Spring, MD.

¹³ Rolph, G.D., 2003. Real-time Environmental Applications and Display sYstem (READY) Website (<http://www.arl.noaa.gov/ready/hysplit4.html>). NOAA Air Resources Laboratory, Silver Spring, MD.

Para poder estimar cual es la influencia de las masas de aire en el nivel de partículas se requiere un estudio más exhaustivo y detallado, así como para poder identificar el aporte de materia particulada durante episodios de transporte a larga distancia como las intrusioniones de aire sahariano, combustión de biomasa, etc.

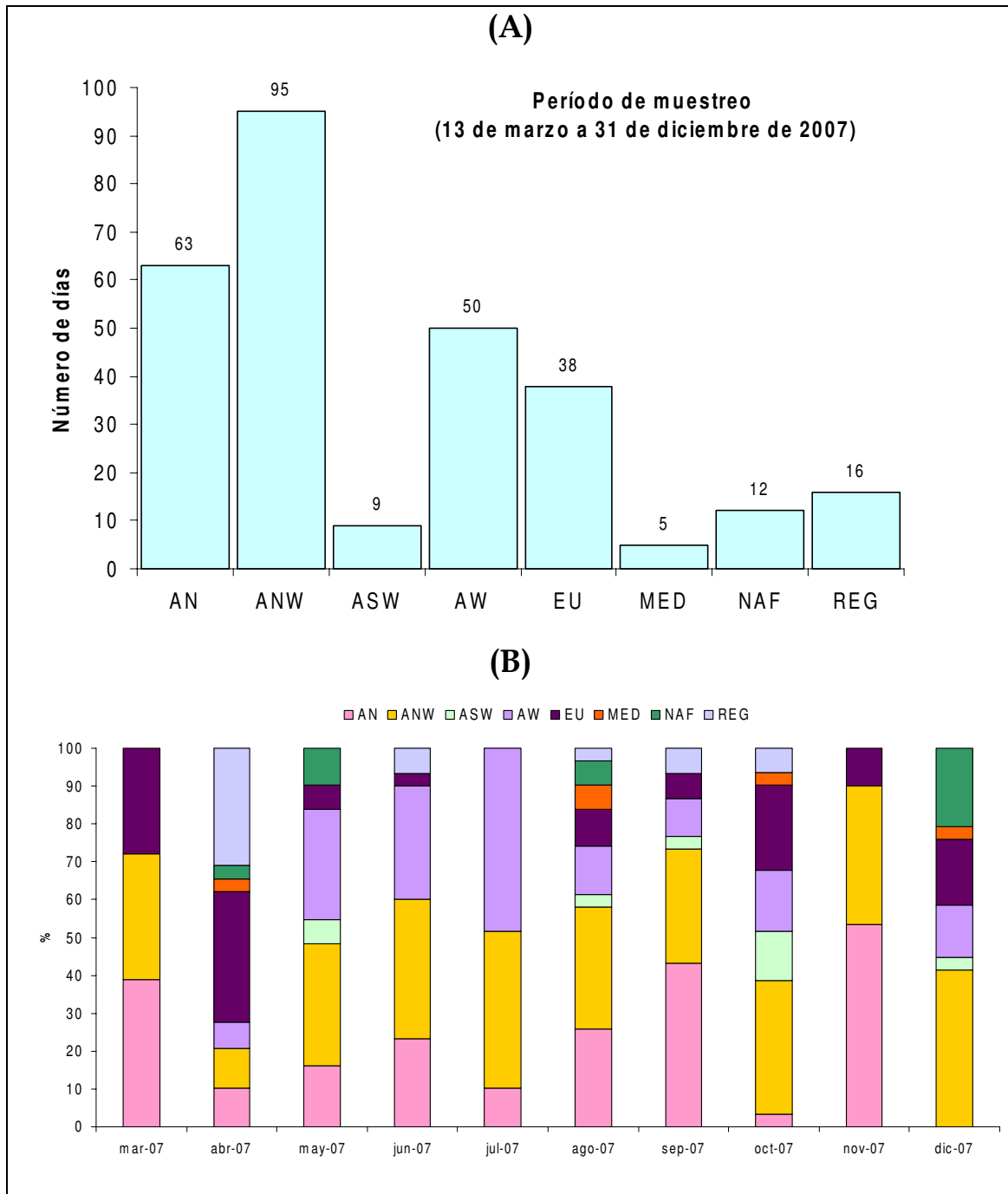


Figura 25. Origen de las masas de aire en A Coruña determinado a partir del cálculo de retro trayectorias de las masas de aire: (A) Número de días (B) Frecuencia a lo largo del año.



ADDENDA AL INFORME FINAL 2007

CONVENIO DE COLABORACIÓN ENTRE O CONCELLO DA
CORUÑA E A UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**“MEDIDA DOS NIVEIS DE PARTÍCULAS PM₁₀ NA
ZONA DOS CASTROS”**

Instituto Universitario de Medio Ambiente (IUMA)
Universidade da Coruña (UDC)

AUTORES:

Han intervenido:

Dña. María del Pilar Esperón Porto. Técnica superior en Química Ambiental.

Dra. María Piñeiro Iglesias. Técnica superior en Instrumentación Analítica.

Dra. Purificación López Mahía. Catedrática de Química Analítica.

Dra. Soledad Muniategui Lorenzo. Catedrática de Química Analítica.

Dr. Darío Prada Rodríguez. Catedrático de Química Analítica.

de la

Universidad de A Coruña,



AGRADECIMIENTOS:

- La Fundación ALCOA por financiar la adquisición del muestreador de partículas DIGITEL dentro del Proyecto titulado “Levels of PM10 in the City of a Coruña” entre 2005-2006.
- Centro Meteorológico Territorial de Galicia situado en A Coruña y perteneciente al Instituto Nacional de Meteorología.
- Personal de mantenimiento del Complejo Deportivo San Diego.

IMPORTANTE: CUALQUIER USO CIENTÍFICO O TÉCNICO DE LOS DATOS QUE AQUÍ SE REMITEN TENDRÁN QUE CITAR EXPLÍCITAMENTE LA FUENTE DE LOS MISMOS: Datos suministrados como fruto del Convenio de colaboración entre el Ayuntamiento de A Coruña y el Instituto Universitario de Medio Ambiente (IUMA) de la Universidad de A Coruña (UDC) para la medida de los niveles de partículas PM₁₀ en la zona de Os Castros (A Coruña).

Una vez recibido el informe final EPISODIOS NATURALES DE PARTÍCULAS 2007 elaborado por CSIC, AEMET, CIEMAT, Ministerio de Medio Ambiente, Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental junto con los valores de la carga neta diaria de polvo africano determinados mediante el procedimiento expuesto en el manual : PROCEDIMIENTO PARA IDENTIFICACIÓN DE EPISODIOS NATURALES AFRICANOS DE PM10 Y PM2.5, Y LA DEMOSTRACIÓN DE CAUSA EN LO REFERENTE A LAS SUPERACIONES DEL VALOR LÍMITE DIARIO DE PM₁₀, se comparan los niveles de PM₁₀ registrados para cada superación con aquellos registrados simultáneamente en las estaciones de fondo regional.

Para aquellos días en que se supere el valor límite diario y en los que se haya identificado un episodio de aportes de partículas africanas se realizará la substracción de la carga neta diaria de polvo africano determinada en la estación de fondo regional correspondiente (la más próxima a la red en cuestión). Si el resultado de esta substracción es inferior al valor límite diarios se puede considerar que dicha superación es atribuible al aporte natural en la estación considerada, y por tanto se puede descontar.

En la siguiente tabla se muestran los niveles diarios de PM₁₀ que superan el valor límite diario de 50 µg/m³, la carga neta de polvo africano determinada en la estación de fondo regional de O Saviñao y el resultado de dicha substracción.

	PM10 (µg/m ³)	Carga neta polvo	Substracción
MARZO 2007			
Jueves 15	71	32	39
Viernes 16	67	36	31
ABRIL 2007			
Miércoles 18	58	13	45
Jueves 19	55	10	45
Viernes 20	63	16	47
Sábado 21	53	16	37
Domingo 22	59	19	40
Lunes 23	71	19	52
Martes 24	57	6	51
JUNIO 2007			
Viernes 8	52	18	34
AGOSTO 2007			
Lunes 27	52	43	9
SEPTIEMBRE 2007			
Sábado 15	63	17	46
Domingo 16	71	2*	69

* Al no haber dato en O Saviñao, se toma como referencia la otra estación de fondo regional del Noroeste (Lamas de Olo).

Por lo tanto, del total de 28 muestras que superaban el límite del valor diario, 10 de estas superaciones se atribuyen a aporte natural, con lo cual, durante el período de tiempo estudiado el número total de superaciones ha sido de 18.

Datos suministrados como fruto del convenio de colaboración para el estudio y evaluación de la contaminación atmosférica por material particulado en suspensión en España entre el Ministerio de Medio Ambiente, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas y la Agencia Estatal de Meteorología.