

## INFORME FINAL 2012



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

**“MEDIDA DOS NIVEIS DE PARTÍCULAS PM<sub>10</sub> 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 de A Coruña y perteneciente Agencia Estatal 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 (IUUMA) de la Universidad de A Coruña (UDC) para la medida de los niveles de partículas PM<sub>10</sub> en la zona de Os Castros (A Coruña).

## ÍNDICE

---

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....	5
METODOLOGÍA .....	7
Muestreo .....	7
Tratamiento de los filtros y medida gravimétrica .....	9
RESULTADOS.....	10
Marco Normativo .....	10
Niveles de PM <sub>10</sub> según medida gravimétrica.....	11
Niveles de PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> y PM <sub>1</sub> según espectrómetro láser .....	31
CONCLUSIONES .....	46
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 PM10 .....	48
II. Intercomparación del espectrómetro láser con el equipo gravimétrico .....	49
III. Gráficas de los niveles de partículas PM <sub>10</sub> para días laborables y fines de semana (método gravimétrico).....	51
IV. Origen de las masas de aire .....	54
V. Comparativa de los resultados para los años 2007-2012 .....	56
Niveles de PM <sub>10</sub> según medida gravimétrica .....	56
Niveles de PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> y PM <sub>1</sub> según espectrómetro láser .....	62



## 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<sup>1,2</sup>. Además, la adaptación del Real Decreto incorporado al ordenamiento jurídico español en 2002 junto a la Ley 34/2007, incluyen los estudios sobre el conocimiento de la calidad del aire<sup>3,4</sup>. A esta normativa se le une la nueva Directiva 2008/50 relativa a la calidad de aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa<sup>5</sup> y el reciente Real Decreto 102/2011<sup>6</sup> que incorpora al derecho interno las novedades de esta Directiva.

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 resaltar que en las ciudades existen fuentes móviles, fijas, puntuales, lineales, difusas, etc. lo que hace complejo el estudio.

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. Se considera un constituyente habitual de la atmósfera terrestre y es emitido por fuentes naturales (materia mineral resuspendida, aerosol marino, actividad volcánica, incendios forestales no intencionados, emisiones biogénicas, etc.) que contribuyen de forma dominante a las emisiones a escala global (IPCC, 2007)<sup>7</sup>. Además 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 incrementar los niveles de particulado atmosférico en suspensión.

---

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

<sup>2</sup> Ley 8/2002 de 18 de diciembre de protección del medio ambiente atmosférico de Galicia. DOG nº 25 de martes 31 de diciembre de 2002.

<sup>3</sup> 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.

<sup>4</sup> Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera.

<sup>5</sup> Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de mayo de 2008 relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa (DO L152 de 11.6.2008).

<sup>6</sup> Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire.

<sup>7</sup> 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>

Uno de los parámetros incluidos en la evaluación de la calidad de aire ambiente<sup>5-6</sup> son las partículas PM<sub>10</sub>, entendidas como las partículas que pasan a través de un cabezal de tamaño selectivo, definido por el método de referencia para el muestreo y la medición de PM<sub>10</sub> de la norma UNE-EN 12341<sup>8</sup> para un diámetro aerodinámico de 10  $\mu\text{m}$  con una eficiencia de corte del 50%.

Sin embargo, también ha sido reconocida la importancia y trascendencia, por parte de la Comisión Europea, de la fracción inferior a 2,5  $\mu\text{m}$  (PM<sub>2,5</sub>). Tanto en la Directiva 2008/50<sup>5</sup> como en el Real Decreto 102/2011<sup>6</sup> se indica que estas partículas tienen importantes repercusiones negativas para la salud humana y debe tenderse a una reducción general de las concentraciones en el medio urbano para garantizar que amplios sectores de la población puedan disfrutar de una mejor calidad del aire. Esta fracción PM<sub>2,5</sub> se define como las partículas que pasan a través de un cabezal de tamaño selectivo definido por el método de referencia para el muestreo y la medición de PM<sub>2,5</sub> de la norma UNE-EN 14907<sup>9</sup>, para un diámetro aerodinámico de 2,5  $\mu\text{m}$  con una eficiencia de corte del 50%.

El presente informe final resume los resultados sobre los niveles diarios de partículas PM<sub>10</sub>, desde enero a diciembre de 2012 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 por parte de los autores del estudio 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 PM<sub>10</sub> realizando el estudio de la evolución temporal a lo largo del período de muestreo.
- Obtener una serie temporal de niveles de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>1</sub> para determinar los niveles de partículas de diferentes fracciones granulométricas.
- Comparación simultánea de las medidas de PM<sub>10</sub> obtenidas con un equipo en continuo GRIMM y las procedentes del captador de referencia gravimétrico.
- Realizar una evaluación de la calidad de aire en el lugar de muestreo de acuerdo a la normativa vigente.
- Además se incluye una comparativa con los valores encontrados en años anteriores: 2007-2012.

<sup>8</sup> Norma UNE-EN 12341:1999 Calidad del aire. Determinación de la fracción PM<sub>10</sub> 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.

<sup>9</sup> Norma UNE-EN 14907:2006 Calidad de aire ambiente. Método de medición gravimétrica para la determinación de la fracción másica PM<sub>2,5</sub> de la materia particulada en suspensión.

## 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 1 de enero hasta el 31 de diciembre de 2012.



**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-80<sup>10</sup> (figura 2) que cumple los requisitos de la Norma UNE-EN 12341 para el muestreo de PM<sub>10</sub>. El caudal de aspiración durante el muestreo ha sido de 30 m<sup>3</sup>/h. El funcionamiento del equipo es el siguiente: el aire penetra por el cabezal de corte (PM<sub>10</sub>) por efecto de la aspiración de una bomba, y atraviesa el filtro para ser finalmente expulsado por el extremo opuesto del equipo. Las partículas del diámetro seleccionado se retienen 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). Aunque el muestreo es diario, las muestras se recogen semanalmente y una vez a la semana se comprueba que los equipos de muestreo funcionan correctamente.

---

<sup>10</sup> Muestreador adquirido gracias a un Proyecto financiado por la Fundación ALCOA titulado “Levels of PM<sub>10</sub> in the City of a Coruña” entre 2005-2006.



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

En el punto de muestreo se dispone además de un espectrómetro láser GRIMM 1107 (figura 3). 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  $PM_{10}$ .

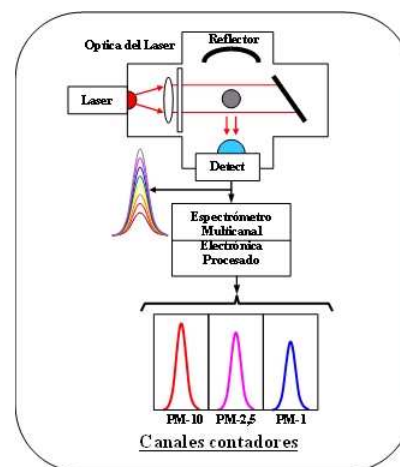


Figura 3. Fotografía y esquema de funcionamiento (cortesía de SIR S.A) del espectrómetro láser GRIMM 1107.



## TRATAMIENTO DE LOS FILTROS Y MEDIDA GRAVIMÉTRICA

Para el muestreo se han empleado filtros de fibra de cuarzo Munktell MK360 de 150 mm de diámetro. Los filtros se manejan con pinzas de teflón y antes de su uso se comprueba, visualmente y empleando una lámpara de luz visible que no presentan defecto alguno, tales como orificios o pérdidas de material que ocasionarían errores en la recolección de la muestra.

Los filtros en blanco y los filtros con muestra  $PM_{10}$  se acondicionan, como mínimo 120 horas para filtros blancos y 48 horas para filtros muestreados, antes de la pesada en una sala de balanzas acondicionada a  $20\pm 1^\circ C$  de temperatura y  $50\pm 5\%$  humedad relativa<sup>8</sup>. La balanza utilizada para la pesada se encuentra instalada en dicha sala y en cada sesión de pesada se comprueban las condiciones de la sala y se documentan (ver Anexo I, pág. 48).

Aunque se trata de la medida de  $PM_{10}$ , el tratamiento de los filtros se realizó según la norma relativa a la medida de  $PM_{2,5}$  por ser más restrictiva. 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 las de 0,5 g y 1 g. Además, en el cuarto de balanzas se mantienen filtros blancos de referencia iguales a los que se usan en el muestreo y su peso se registra en cada sesión de pesada. Sólo si las masas de los filtros blancos de referencia cumplen los criterios establecidos por el laboratorio se procede a la pesada de los filtros usados para el muestreo.

Los filtros que se usan en 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 peso 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 ( $\mu g PM_{10}/m^3$ ). 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 (desde el último domingo de octubre hasta el último domingo de marzo) y UTC+2h (desde el último domingo de marzo hasta el último domingo de octubre).

## RESULTADOS

### MARCO NORMATIVO

En el Real Decreto 102/2011<sup>6</sup> se establecen los valores indicados en la tabla I.

**Tabla I. Valores límite (PM<sub>10</sub>) en condiciones ambientales para la protección de la salud<sup>6</sup>.**

	Período de promedio	Valor límite*	Margen de tolerancia**	Fecha de cumplimiento del valor límite
Valor límite diario	24 horas	50 µg/m <sup>3</sup> , que no podrán superarse en más de 35 ocasiones por año	50%	En vigor desde el 1 de enero de 2005
Valor límite anual	1 año civil	40 µg/m <sup>3</sup>	20%	En vigor desde el 1 de enero de 2005

\**Valor límite*: nivel fijado basándose en conocimientos científicos, con el fin de evitar, prevenir o reducir los efectos nocivos para la salud humana, para el medio ambiente en su conjunto y demás bienes de cualquier naturaleza, que debe alcanzarse en un período determinado y no superarse una vez alcanzado.

\*\**Margen de tolerancia*: porcentaje del valor límite o cantidad en que éste puede sobrepasarse con arreglo a las condiciones establecidas.

Existen casos en que el cumplimiento de los valores límite puede ser descontado cuando los valores límite son sobrepasados por las aportaciones de fuentes naturales, es decir, por las emisiones de contaminantes no causadas directa ni indirectamente por actividades humanas, incluyendo *fenómenos naturales tales como erupciones volcánicas, las actividades sísmicas o geotérmicas, los incendios forestales no intencionados, los fuertes vientos, los aerosoles marinos, la resuspensión atmosférica y el transporte de partículas naturales procedentes de regiones áridas*".

Dada la importancia de la medida de los niveles de partículas PM<sub>2,5</sub>, tal y como se ha comentado en la introducción de este informe, se establecen unos valores para estas partículas finas, tal y como se recoge en la tabla II.

Además en el Real Decreto 102/2011<sup>6</sup> se incluyen los umbrales superior e inferior de evaluación (UES y UEI), cuya superación se determinará sobre la base de las concentraciones registradas durante los cinco años anteriores si se dispone de datos. Se considerará que se ha superado un umbral de evaluación cuando, en el transcurso de esos cinco años, se haya superado el valor numérico del umbral durante al menos tres años distintos (tabla III).

**Tabla II. Valores objetivo y límite de las partículas (PM<sub>2,5</sub>) en condiciones ambientales para la protección de la salud<sup>6</sup>.**

	Período de promedio	Valor	Margen de tolerancia	Fecha de cumplimiento del valor límite
Valor objetivo* anual	1 año civil	25 µg/m <sup>3</sup>	-	En vigor desde el 1 de enero de 2010
Valor límite anual (fase I)	1 año civil	25 µg/m <sup>3</sup>	20% el 11 de junio de 2008, que se reducirá el 1 de enero siguiente y en lo sucesivo, cada 12 meses, en porcentajes idénticos anuales hasta alcanzar un 0% el 1 de enero de 2015 (4 µg/m <sup>3</sup> en 2010)	1 de enero de 2015
Valor límite** anual (fase II)	1 año civil	20 µg/m <sup>3</sup>	-	1 de enero de 2020

\**Valor objetivo*: nivel de un contaminante que deberá alcanzarse, en la medida de lo posible, en un momento determinado para evitar, prevenir o reducir los efectos nocivos para la salud humana, el medio ambiente en su conjunto y demás bienes de cualquier naturaleza.

\*\**Valor límite* indicativo que deberá referirse como valor límite en 2013 a la luz de una mayor información acerca de los efectos sobre la salud y el medio ambiente, la viabilidad técnica y la experiencia obtenida con el valor objetivo en los Estados Miembros de la Unión Europea.

**Tabla III. Umbrales de evaluación superior e inferior para PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>.**

	Media diaria PM <sub>10</sub>	Media anual PM <sub>10</sub>	Media anual PM <sub>2,5</sub> (1)
Umbral superior de evaluación*	70% del valor límite (35 µg/m <sup>3</sup> que no podrán superarse en más de 35 ocasiones por año civil)	70% del valor límite (28 µg/m <sup>3</sup> )	70% del valor límite (17 µg/m <sup>3</sup> )
Umbral inferior de evaluación**	50% del valor límite (25 µg/m <sup>3</sup> que no podrán superarse en más de 35 ocasiones por año civil)	50% del valor límite (20 µg/m <sup>3</sup> )	50% del valor límite (12 µg/m <sup>3</sup> )

\**Umbral superior de evaluación*: nivel por debajo del cual puede utilizarse una combinación de medidas fijas y técnicas de modelización y/o mediciones indicativas para evaluar la calidad del aire ambiente.

\*\**Umbral inferior de evaluación*: nivel por debajo del cual es posible limitarse al empleo de técnicas de modelización para evaluar la calidad del aire ambiente.

(1) El umbral superior de evaluación y el umbral inferior de evaluación para las PM<sub>2,5</sub> no se aplica a las mediciones para evaluar el cumplimiento del objetivo de reducción de la exposición a las PM<sub>2,5</sub> para la protección de la salud humana.

## NIVELES DE PM<sub>10</sub> SEGÚN MEDIDA GRAVIMÉTRICA

La concentración media anual de PM<sub>10</sub> obtenida en el punto de muestreo objeto de estudio es de 26 µg/m<sup>3</sup>. Valor que cumple con los requerimientos de la normativa<sup>6</sup> al estar por debajo del valor límite promedio anual de 40 µg/m<sup>3</sup> y que representa aproximadamente el 70% del valor límite como media anual, es decir, coincide prácticamente con el límite permitido como media anual para el umbral superior de evaluación de 28 µg/m<sup>3</sup>, mencionado en la tabla III.

En la tabla IV se indica un resumen de los resultados obtenidos observando que se han producido 18 superaciones del valor límite diario de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , valor alejado de las 35 permitidas como máximo que se indican en la normativa. En función de los trimestres del año han sido de 16, 2, 0 y 0 respectivamente. El valor máximo de 70  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  se produce en el primer trimestre y el mínimo de 9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en el segundo y tercer trimestre.

**Tabla IV. Resumen de los niveles de PM<sub>10</sub> en las muestras recogidas durante el año 2012.**

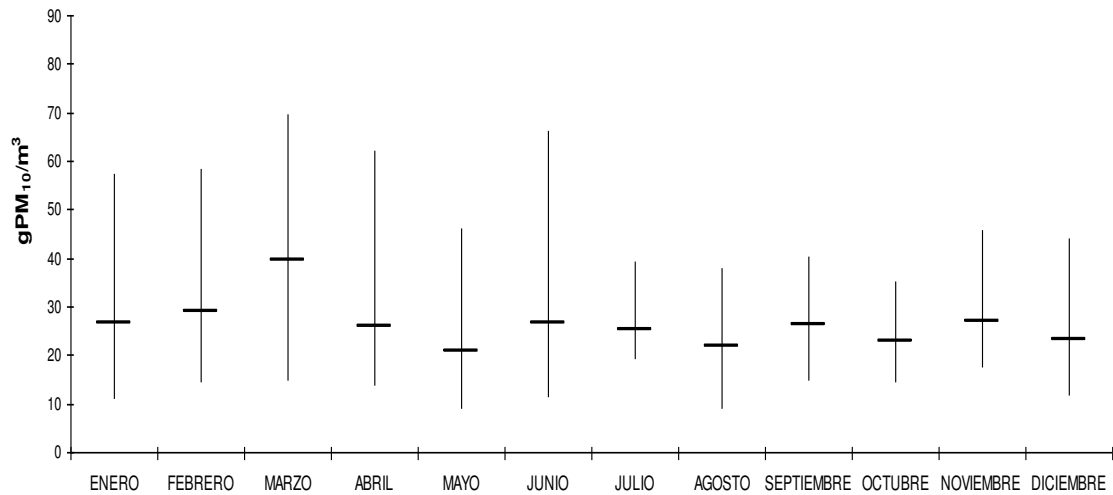
Nº muestras recogidas	340
Cobertura temporal (relativa al año civil)	93%
VALOR MÁXIMO PROMEDIO DIARIO de PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	70
VALOR MÍNIMO PROMEDIO DIARIO de PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	9
Nº SUPERACIONES del valor límite diario de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	18
VALOR MEDIO ANUAL de PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	26

La tabla V y la figura 4 recogen los niveles medios mensuales de PM<sub>10</sub> que oscilan entre 21  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  del mes de mayo, 22  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  del mes de agosto y 23  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de los meses de octubre y diciembre y los 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de los meses marzo. Los valores máximos diarios se producen en el mes de marzo con 70  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; 66  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de junio (influencia del día de San Juan) y los 62  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de abril, disminuyendo hasta los 35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de octubre. En cuanto a los valores mínimos oscilan entre los 9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de los meses de mayo y agosto y los 19 y 17  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de los meses de julio y noviembre, respectivamente.

En la tabla también se indica la distribución por mes del número de superaciones del valor límite diario, observando que en el primer trimestre del año se produce 16 superaciones lo que representan el 88,9 % del total de superaciones ocurridas durante 2012, coincidiendo con el mes de marzo con valores promedio mensuales más altos.

**Tabla V. Valores medios, rangos de concentración y número de superaciones.**

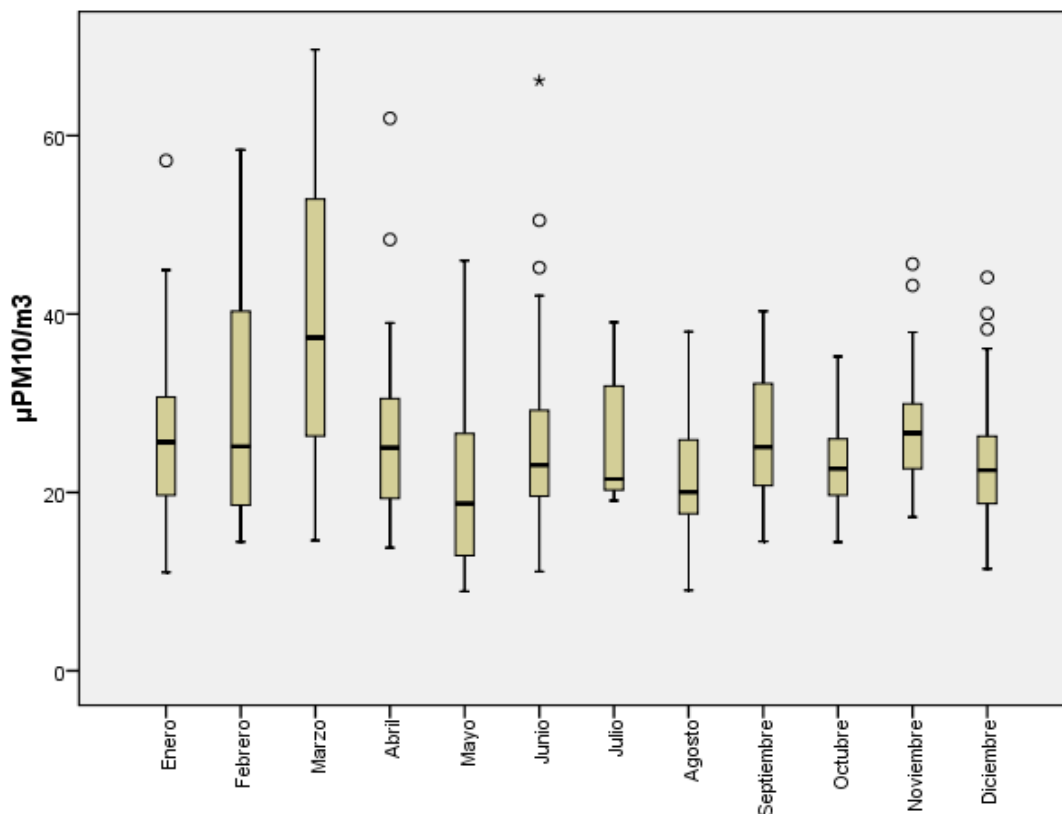
	Máximo	Mínimo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Media	Nº superaciones
Enero	57	11	27	1
Febrero	58	14	29	2
Marzo	70	15	40	13
Abril	62	14	26	1
Mayo	46	9	21	0
Junio	66	11	27	1
Julio	39	19	26	0
Agosto	38	9	22	0
Septiembre	40	15	26	0
Octubre	35	14	23	0
Noviembre	46	17	27	0
Diciembre	44	11	23	0



**Figura 4. Variación mensual del valor medio y del rango de concentración de PM<sub>10</sub>.**

Para facilitar el análisis de los datos, a menudo se utilizan métodos gráficos simples entre los cuales están los diagramas de caja o de Box-Whisker. 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 verticalmente. 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 5 se muestran los gráficos para el total de muestras distribuidas por mes de muestreo. La tendencia estacional de la concentración de PM<sub>10</sub> en el punto de muestreo refleja los valores más altos de febrero a marzo. Para el resto del año se presentan valores inferiores pero no muy diferentes entre ellos, si se tiene en cuenta la variabilidad dentro de cada mes.



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

En la tabla VI se muestran los valores promedio diarios de  $PM_{10}$  sombreando los días de superación del valor límite, en total 18 que representan un 5,3% del total de muestras. Un 36,0% superan los  $40 \mu g/m^3$ , un 22,1% superan los  $30 \mu g/m^3$  y un 46,5% superan los  $20 \mu g/m^3$ .

En relación con los valores de UES y UEI de la media diaria, indicar que un 15% de las muestras (51 muestras) superan el UES de  $35 \mu g/m^3$  y un 32,1% (109 muestras) superan el UEI de  $25 \mu g/m^3$ . Por lo tanto se superan las 35 ocasiones como máximo permitidas durante un año civil de superación de dichos umbrales.

Tabla VI. Niveles promedio diarios de PM<sub>10</sub>.

ENERO 2012	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	U <sup>(*)</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	FEBRERO 2012	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	U <sup>(*)</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	MARZO 2012	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	U <sup>(*)</sup> (µg/m <sup>3</sup> )
Domingo 1	14	1	Miércoles 1	14	1	Jueves 1	54	4
Lunes 2	26	2	Jueves 2	25	2	Viernes 2	34	2
Martes 3	23	2	Viernes 3	19	1	Sábado 3	19	1
Miércoles 4	26	2	Sábado 4	25	2	Domingo 4	21	1
Jueves 5	19	1	Domingo 5	23	2	Lunes 5	27	2
Viernes 6	20	1	Lunes 6	28	2	Martes 6	29	2
Sábado 7	17	1	Martes 7	18	1	Miércoles 7	24	2
Domingo 8	22	2	Miércoles 8	20	1	Jueves 8	45	3
Lunes 9	26	2	Jueves 9	32	2	Viernes 9	70	5
Martes 10	42	3	Viernes 10	38	3	Sábado 10	56	4
Miércoles 11	45	3	Sábado 11	17	1	Domingo 11	27	2
Jueves 12	41	3	Domingo 12	18	1	Lunes 12	43	3
Viernes 13	57	4	Lunes 13	20	1	Martes 13	58	4
Sábado 14	43	3	Martes 14	18	1	Miércoles 14	69	5
Domingo 15	16	1	Miércoles 15	32	2	Jueves 15	53	4
Lunes 16	29	2	Jueves 16	15	1	Viernes 16	51	4
Martes 17	35	2	Viernes 17	17	1	Sábado 17	15	1
Miércoles 18	30	2	Sábado 18	23	2	Domingo 18	16	1
Jueves 19	29	2	Domingo 19	21	1	Lunes 19	19	1
Viernes 20	15	1	Lunes 20	27	2	Martes 20	18	1
Sábado 21	11	1	Martes 21	31	2	Miércoles 21	26	2
Domingo 22	20	1	Miércoles 22	43	3	Jueves 22	36	3
Lunes 23	18	1	Jueves 23	<i>sin dato</i>	-	Viernes 23	30	2
Martes 24	20	1	Viernes 24	53	4	Sábado 24	30	2
Miércoles 25	26	2	Sábado 25	49	3	Domingo 25	37	3
Jueves 26	27	2	Domingo 26	58	4	Lunes 26	52	4
Viernes 27	24	2	Lunes 27	42	3	Martes 27	60	4
Sábado 28	20	1	Martes 28	45	3	Miércoles 28	51	4
Domingo 29	19	1	Miércoles 29	50	3	Jueves 29	53	4
Lunes 30	31	2				Viernes 30	55	4
Martes 31	35	2				Sábado 31	52	4

(\*) U: incertidumbre

(continúa)

Tabla VI. Niveles promedio diarios de PM<sub>10</sub> (continuación).

ABRIL 2012	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	U(*) (µg/m <sup>3</sup> )	MAYO 2012	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	U(*) (µg/m <sup>3</sup> )	JUNIO 2012	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	U(*) (µg/m <sup>3</sup> )
Domingo 1	62	4	Martes 1	10	1	Viernes 1	42	1
Lunes 2	48	3	Miércoles 2	11	1	Sábado 2	22	1
Martes 3	35	2	Jueves 3	11	1	Domingo 3	22	1
Miércoles 4	26	2	Viernes 4	13	1	Lunes 4	23	1
Jueves 5	19	1	Sábado 5	12	1	Martes 5	18	1
Viernes 6	23	2	Domingo 6	12	1	Miércoles 6	20	1
Sábado 7	37	3	Lunes 7	15	1	Jueves 7	25	1
Domingo 8	21	1	Martes 8	9	1	Viernes 8	29	1
Lunes 9	16	1	Miércoles 9	12	1	Sábado 9	15	1
Martes 10	25	2	Jueves 10	18	1	Domingo 10	11	1
Miércoles 11	19	1	Viernes 11	22	2	Lunes 11	24	2
Jueves 12	25	2	Sábado 12	15	1	Martes 12	26	1
Viernes 13	20	1	Domingo 13	25	2	Miércoles 13	26	2
Sábado 14	26	2	Lunes 14	31	2	Jueves 14	21	2
Domingo 15	39	3	Martes 15	25	2	Viernes 15	19	1
Lunes 16	33	2	Miércoles 16	44	3	Sábado 16	18	1
Martes 17	25	2	Jueves 17	29	2	Domingo 17	18	1
Miércoles 18	34	2	Viernes 18	27	2	Lunes 18	20	1
Jueves 19	28	2	Sábado 19	13	1	Martes 19	21	1
Viernes 20	26	2	Domingo 20	13	1	Miércoles 20	25	2
Sábado 21	20	1	Lunes 21	20	1	Jueves 21	50	4
Domingo 22	15	1	Martes 22	23	2	Viernes 22	33	2
Lunes 23	31	2	Miércoles 23	32	2	Sábado 23	32	2
Martes 24	21	2	Jueves 24	46	3	Domingo 24	66	5
Miércoles 25	20	1	Viernes 25	<i>sin dato</i>	-	Lunes 25	17	1
Jueves 26	14	1	Sábado 26	13	1	Martes 26	42	3
Viernes 27	<i>sin dato</i>	-	Domingo 27	14	1	Miércoles 27	45	3
Sábado 28	18	1	Lunes 28	20	1	Jueves 28	23	2
Domingo 29	18	1	Martes 29	22	2	Viernes 29	<i>sin dato</i>	-
Lunes 30	19	1	Miércoles 30	27	2	Sábado 30	20	1
			Jueves 31	38	3			

(\*) U: incertidumbre

(continúa)



Tabla VI. Niveles promedio diarios de PM<sub>10</sub> (continuación).

JULIO 2012	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	U <sup>(*)</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	AGOSTO 2012	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	U <sup>(*)</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	SEPTIEMBRE 2012	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	U <sup>(*)</sup> (µg/m <sup>3</sup> )
Domingo 1	20	1	Miércoles 1	21	1	Sábado 1	15	1
Lunes 2	20	1	Jueves 2	23	2	Domingo 2	15	1
Martes 3	<i>sin dato</i>	-	Viernes 3	25	2	Lunes 3	17	1
Miércoles 4	<i>sin dato</i>	-	Sábado 4	20	1	Martes 4	21	1
Jueves 5	19	1	Domingo 5	18	1	Miércoles 5	21	1
Viernes 6	24	2	Lunes 6	20	1	Jueves 6	32	2
Sábado 7	<i>sin dato</i>	-	Martes 7	26	2	Viernes 7	37	3
Domingo 8	<i>sin dato</i>	-	Miércoles 8	29	2	Sábado 8	39	3
Lunes 9	<i>sin dato</i>	-	Jueves 9	33	2	Domingo 9	32	2
Martes 10	<i>sin dato</i>	-	Viernes 10	33	2	Lunes 10	24	2
Miércoles 11	<i>sin dato</i>	-	Sábado 11	20	1	Martes 11	17	1
Jueves 12	<i>sin dato</i>	-	Domingo 12	14	1	Miércoles 12	25	2
Viernes 13	<i>sin dato</i>	-	Lunes 13	13	1	Jueves 13	23	2
Sábado 14	<i>sin dato</i>	-	Martes 14	9	1	Viernes 14	22	2
Domingo 15	<i>sin dato</i>	-	Miércoles 15	18	1	Sábado 15	34	2
Lunes 16	<i>sin dato</i>	-	Jueves 16	<i>sin dato</i>	-	Domingo 16	34	2
Martes 17	<i>sin dato</i>	-	Viernes 17	<i>sin dato</i>	-	Lunes 17	40	3
Miércoles 18	<i>sin dato</i>	-	Sábado 18	<i>sin dato</i>	-	Martes 18	36	3
Jueves 19	<i>sin dato</i>	-	Domingo 19	<i>sin dato</i>	-	Miércoles 19	20	1
Viernes 20	<i>sin dato</i>	-	Lunes 20	<i>sin dato</i>	-	Jueves 20	37	3
Sábado 21	21	1	Martes 21	29	2	Viernes 21	27	2
Domingo 22	21	1	Miércoles 22	38	3	Sábado 22	24	2
Lunes 23	29	2	Jueves 23	18	1	Domingo 23	19	1
Martes 24	37	3	Viernes 24	14	1	Lunes 24	25	2
Miércoles 25	35	2	Sábado 25	20	1	Martes 25	20	1
Jueves 26	39	3	Domingo 26	19	1	Miércoles 26	26	2
Viernes 27	36	3	Lunes 27	17	1	Jueves 27	30	2
Sábado 28	21	2	Martes 28	22	2	Viernes 28	32	2
Domingo 29	20	1	Miércoles 29	23	2	Sábado 29	23	2
Lunes 30	19	1	Jueves 30	33	2	Domingo 30	27	2
Martes 31	22	2	Viernes 31	17	1			

(\*) U: incertidumbre

(continúa)

Tabla VI. Niveles promedio diarios de PM<sub>10</sub> (continuación).

OCTUBRE 2012	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	U <sup>(*)</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	NOVIEMBRE 2012	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	U <sup>(*)</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	DICIEMBRE 2012	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	U <sup>(*)</sup> (µg/m <sup>3</sup> )
Lunes 1	22	2	Jueves 1	22	2	Sábado 1	24	2
Martes 2	24	2	Viernes 2	17	1	Domingo 2	32	2
Miércoles 3	25	2	Sábado 3	17	1	Lunes 3	23	2
Jueves 4	21	2	Domingo 4	19	1	Martes 4	25	2
Viernes 5	29	2	Lunes 5	25	2	Miércoles 5	26	2
Sábado 6	19	1	Martes 6	28	2	Jueves 6	16	2
Domingo 7	15	1	Miércoles 7	31	2	Viernes 7	20	2
Lunes 8	20	1	Jueves 8	33	2	Sábado 8	31	2
Martes 9	20	1	Viernes 9	27	2	Domingo 9	30	2
Miércoles 10	19	1	Sábado 10	23	2	Lunes 10	40	2
Jueves 11	18	1	Domingo 11	29	2	Martes 11	44	2
Viernes 12	23	2	Lunes 12	33	2	Miércoles 12	38	2
Sábado 13	16	1	Martes 13	38	3	Jueves 13	19	2
Domingo 14	26	2	Miércoles 14	46	3	Viernes 14	20	2
Lunes 15	25	2	Jueves 15	43	3	Sábado 15	26	2
Martes 16	14	1	Viernes 16	32	2	Domingo 16	23	2
Miércoles 17	18	1	Sábado 17	24	2	Lunes 17	36	2
Jueves 18	26	2	Domingo 18	30	2	Martes 18	18	2
Viernes 19	26	2	Lunes 19	27	2	Miércoles 19	11	2
Sábado 20	26	2	Martes 20	23	2	Jueves 20	19	2
Domingo 21	23	2	Miércoles 21	<i>sin dato</i>	-	Viernes 21	24	2
Lunes 22	23	2	Jueves 22	27	2	Sábado 22	12	2
Martes 23	35	2	Viernes 23	22	2	Domingo 23	14	2
Miércoles 24	25	2	Sábado 24	24	2	Lunes 24	21	2
Jueves 25	27	2	Domingo 25	27	2	Martes 25	23	2
Viernes 26	31	2	Lunes 26	28	2	Miércoles 26	22	2
Sábado 27	22	2	Martes 27	22	2	Jueves 27	16	2
Domingo 28	20	1	Miércoles 28	25	2	Viernes 28	19	2
Lunes 29	21	1	Jueves 29	23	2	Sábado 29	20	2
Martes 30	28	2	Viernes 30	21	2	Domingo 30	16	2
Miércoles 31	21	1				Lunes 31	13	2

(\*) U: incertidumbre

Por lo general, a igualdad de fuentes y tasas de emisión, las altas concentraciones de contaminantes en el aire pueden estar relacionadas con las inversiones de temperatura en la atmósfera ya que éstas inhiben la dispersión de contaminantes, y con la escasa precipitación.

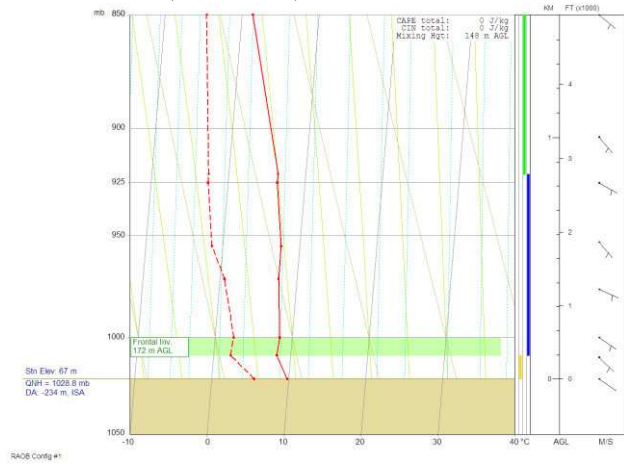
La capa límite atmosférica o capa de mezcla representa el estrato de aire sujeto a la influencia de la superficie terrestre. La determinación de la altura de capa de mezcla nos permite conocer la profundidad vertical de la atmósfera donde se produce el mezclado y dispersión de los contaminantes, de ahí la gran importancia a la hora de estudiar episodios de contaminación.

Por ello se abre un ilimitado campo de investigación orientado a descubrir cómo se comporta y cuál es la extensión del estrato en el que se emiten los vertidos contaminantes y en el que se desarrolla la vida sobre la Tierra.

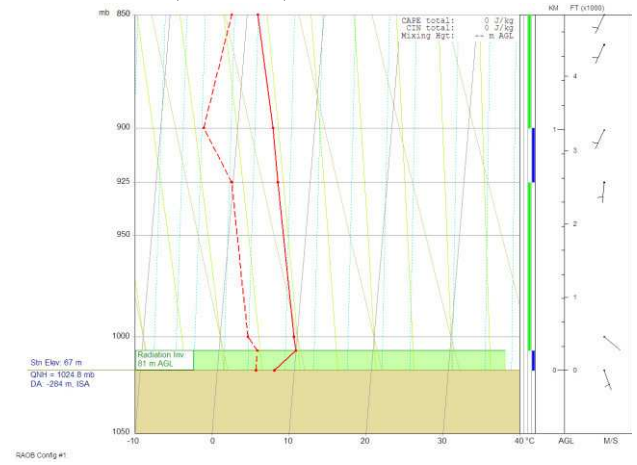
Lo interesante sería conocer la variación horaria de la misma a lo largo del día, lo cual no se realiza en este estudio. No obstante y con las limitaciones que presenta se han calculado las alturas de la capa de mezcla mediante el programa RAOB 5.7 (RAwinsonde OBServation, Environmental Research Services, LLC) a partir de los radiosondeos proporcionados por la Agencia Estatal de Meteorología, realizados a las 12 h del mediodía y a las 0 h de la noche, hora local.

En la figura 6 se presentan los perfiles de temperatura de la atmósfera de algunos días representativos con niveles altos de partículas. Estas gráficas se han obtenido mediante el programa RAOB 5.7, y se representa la presión atmosférica (en mb) en el eje principal y la altura (en km) en el eje secundario frente a la temperatura (en °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 humedad en el aire. Las zonas de color verde indican inversiones de temperatura que se producen cuando la temperatura del aire aumenta con la altura, situación muy común pero generalmente confinada a una capa relativamente superficial.

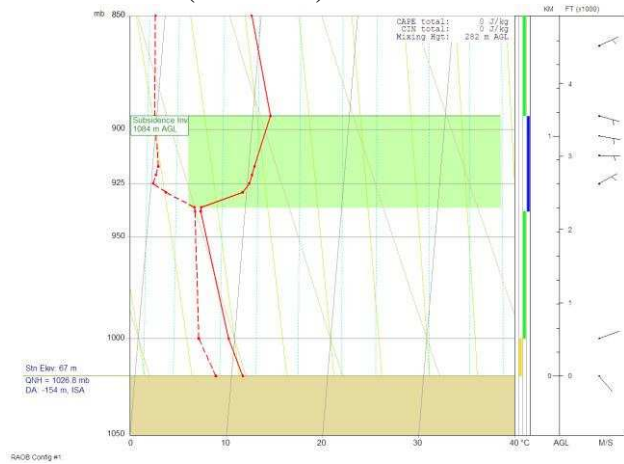
13 de enero (12h UTC)



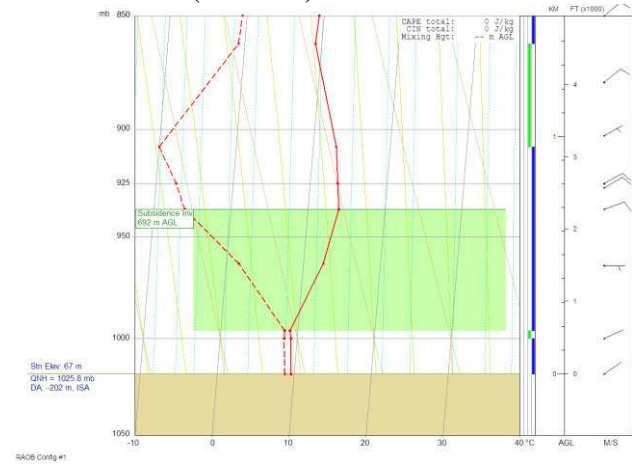
14 de enero (0h UTC)



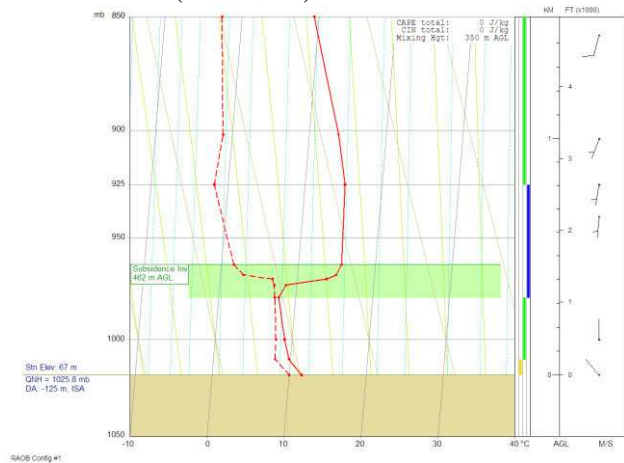
26 de febrero (12h UTC)



27 de febrero (0h UTC)



14 de marzo (12h UTC)



15 de marzo (0h UTC)

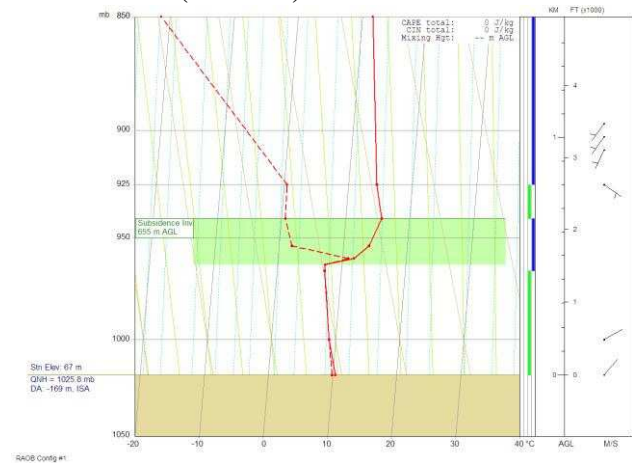
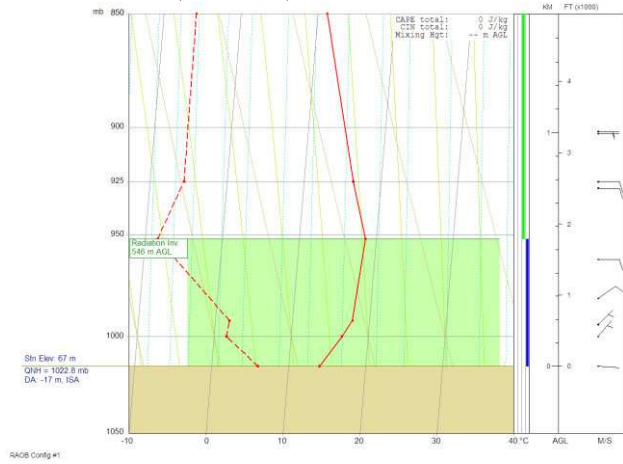
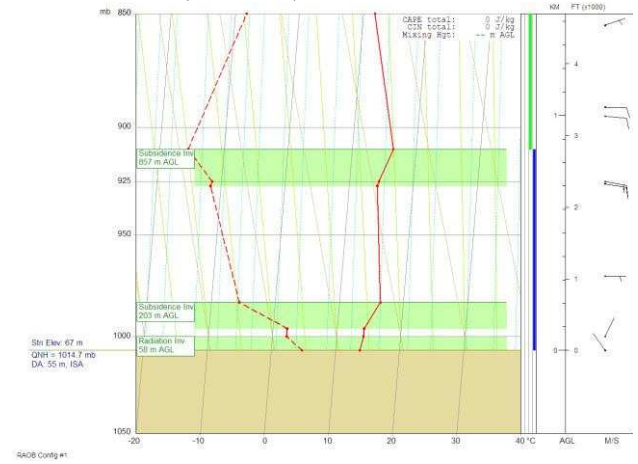


Figura 6. Perfiles de temperatura en la atmósfera obtenidos a partir de los radiosondeos decodificados con el programa RAOB. (continúa)

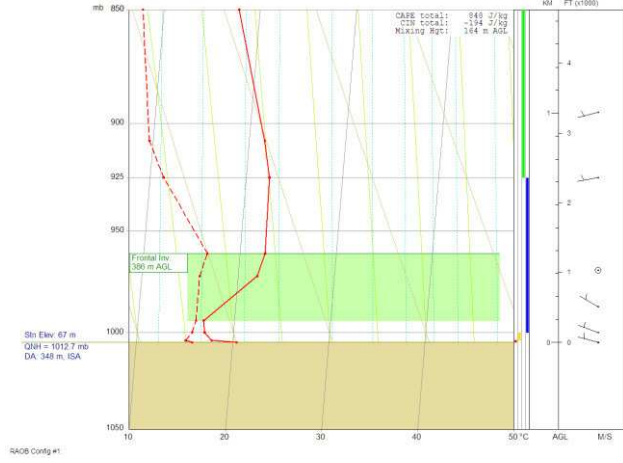
28 de marzo (0h UTC)



31 de marzo (0h UTC)



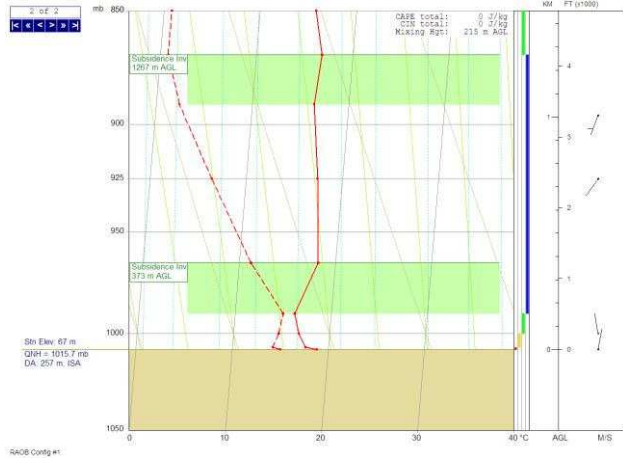
26 de julio (12h UTC)



10 de agosto (0h UTC)



17 de septiembre (12h UTC)



13 de noviembre (12h UTC)

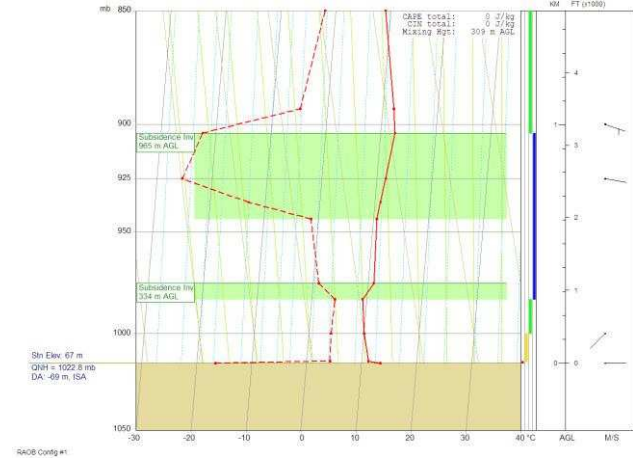
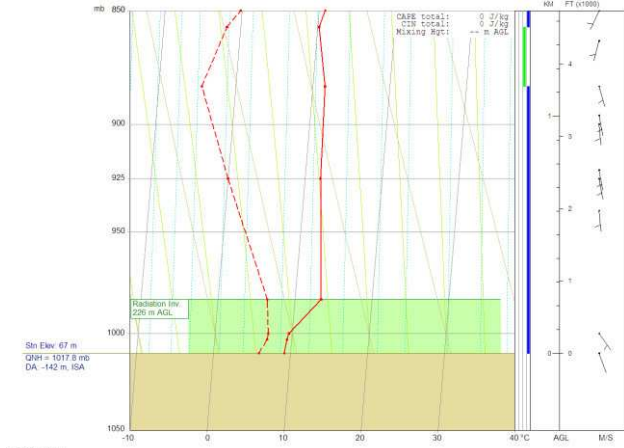
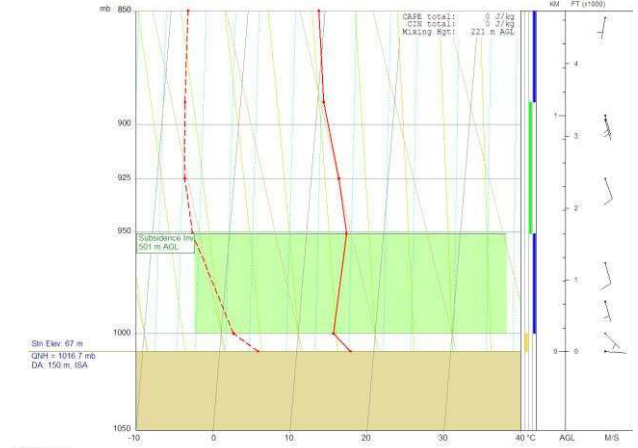


Figura 6. Perfiles de temperatura en la atmósfera obtenidos a partir de los radiosondeos decodificados con el programa RAOB. (continúa)

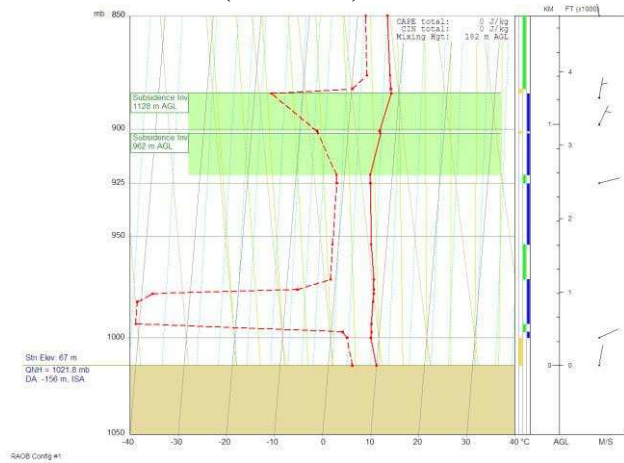
14 de noviembre (0h UTC)



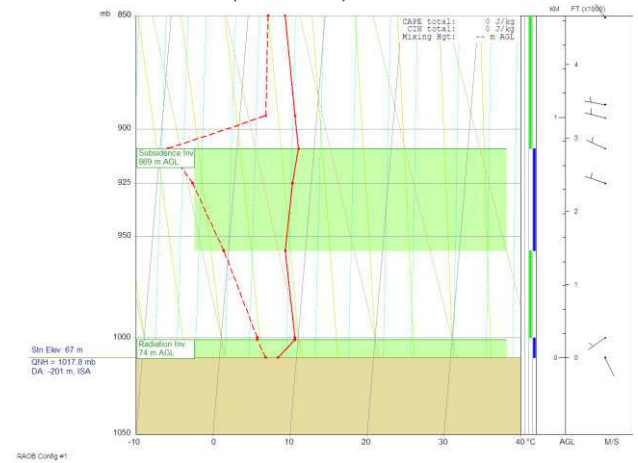
14 de noviembre (12h UTC)



11 de diciembre (12h UTC)



12 de diciembre (0h UTC)



**Figura 6. Perfiles de temperatura en la atmósfera obtenidos a partir de los radiosondeos decodificados con el programa RAOB.**

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 PM<sub>10</sub>, a lo largo de los meses de muestreo. En las gráficas se somborean en gris claro los valores por encima del umbral de evaluación inferior (UEI, 25 µg/m<sup>3</sup>) y con gris oscuro por encima del umbral de evaluación superior (UES, 35 µg/m<sup>3</sup>).

Como se puede observar los niveles más altos de partículas dentro de cada mes coinciden en períodos prolongados y continuados de 3-5 días, con alguna excepción puntual de un único día.

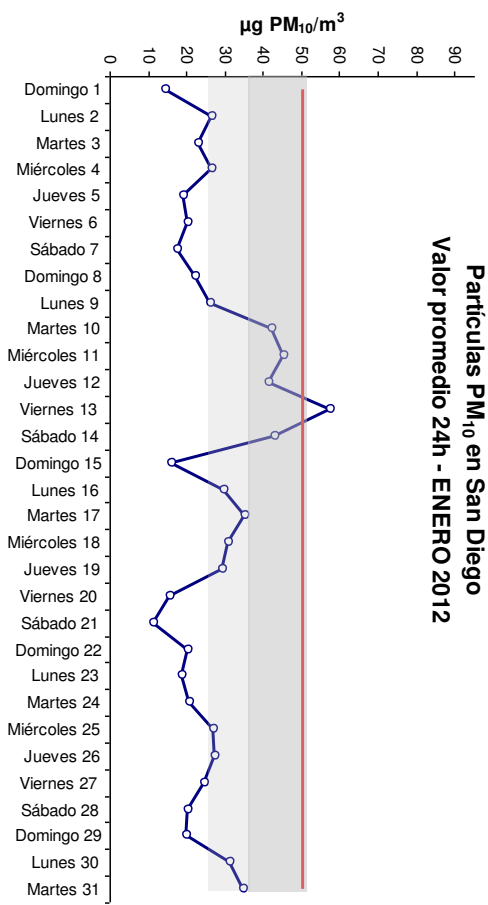
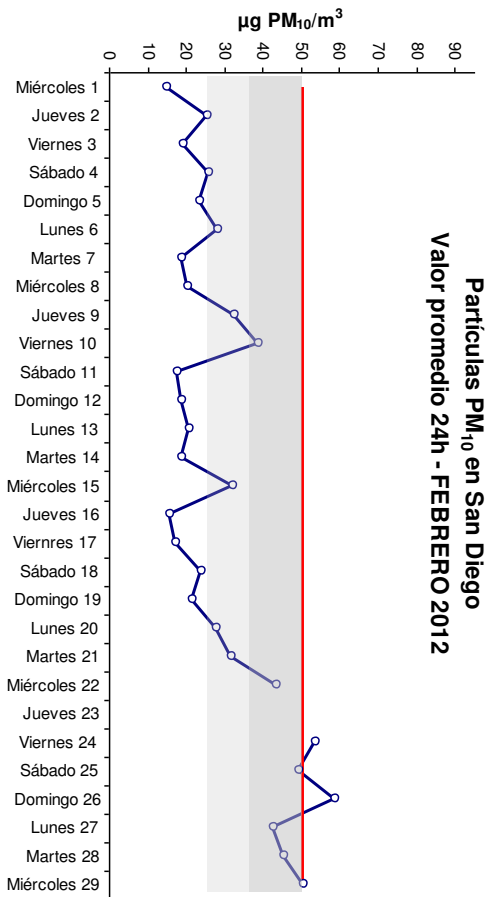
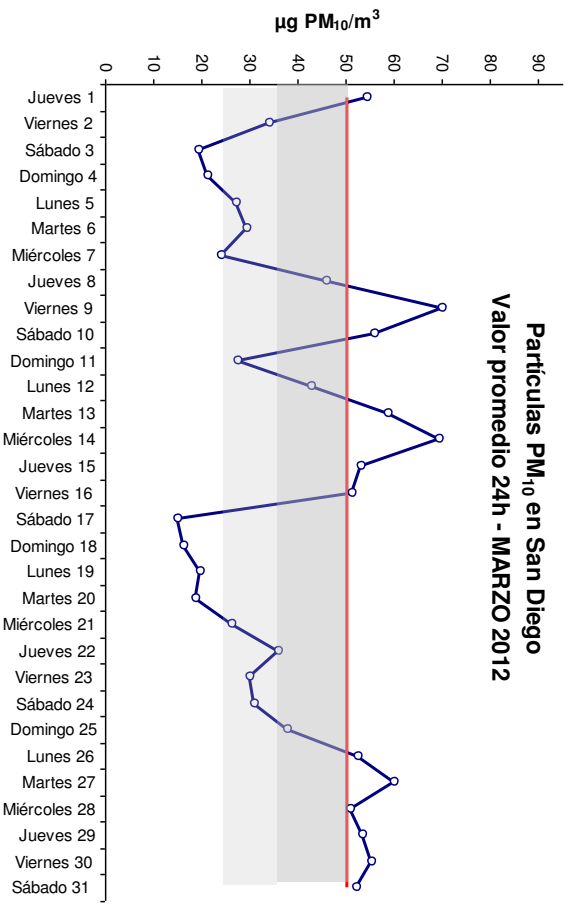


Figura 7. Evolución del promedio diario (24h) de los niveles de partículas PM<sub>10</sub>. (continúa)

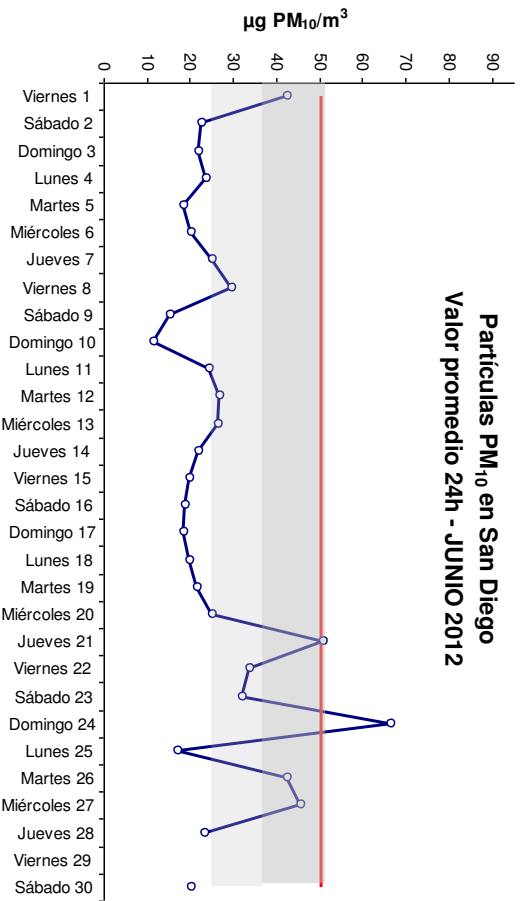
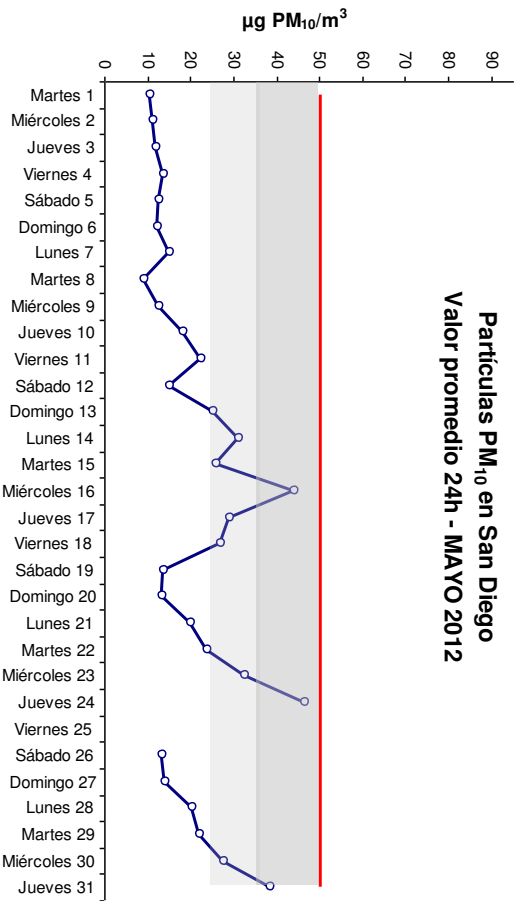
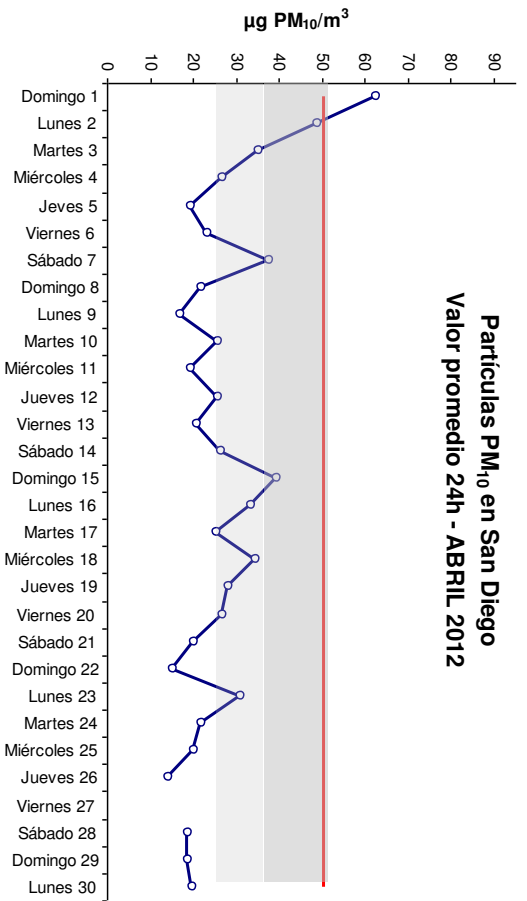


Figura 7. Evolución del promedio diario (24h) de los niveles de partículas PM<sub>10</sub>. (continúa)



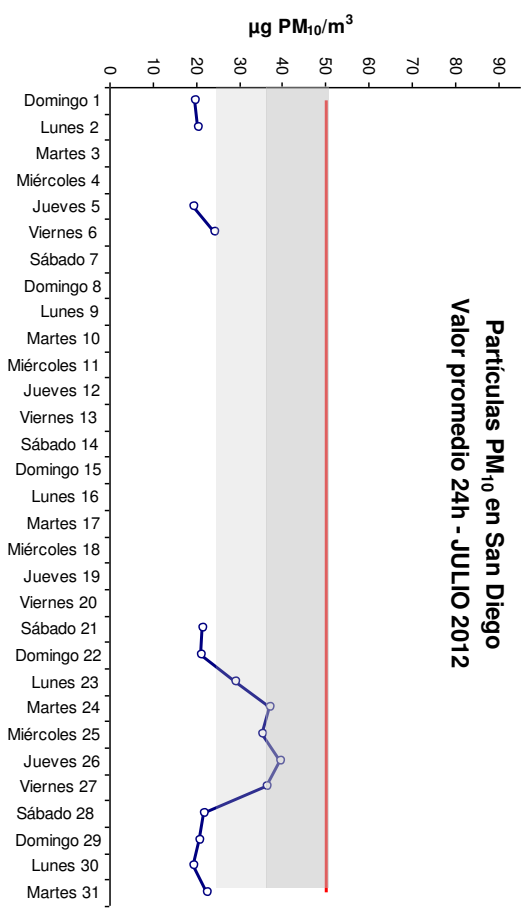
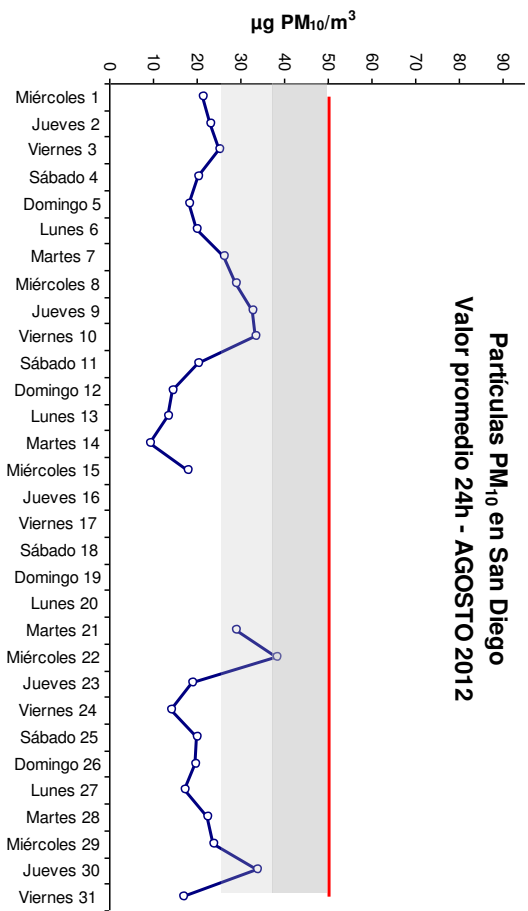
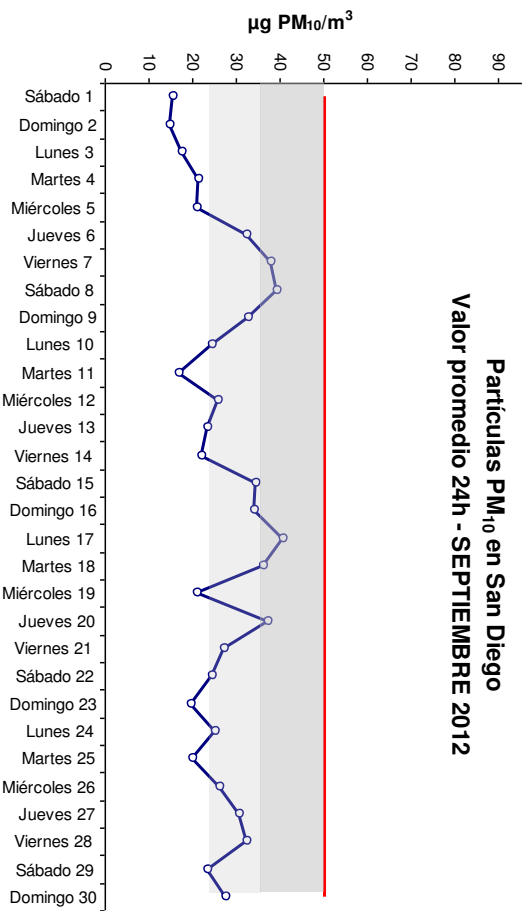
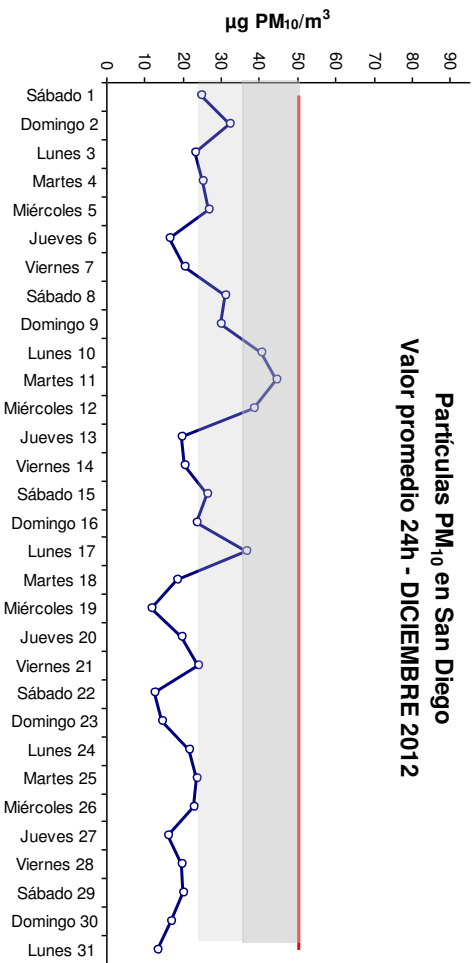
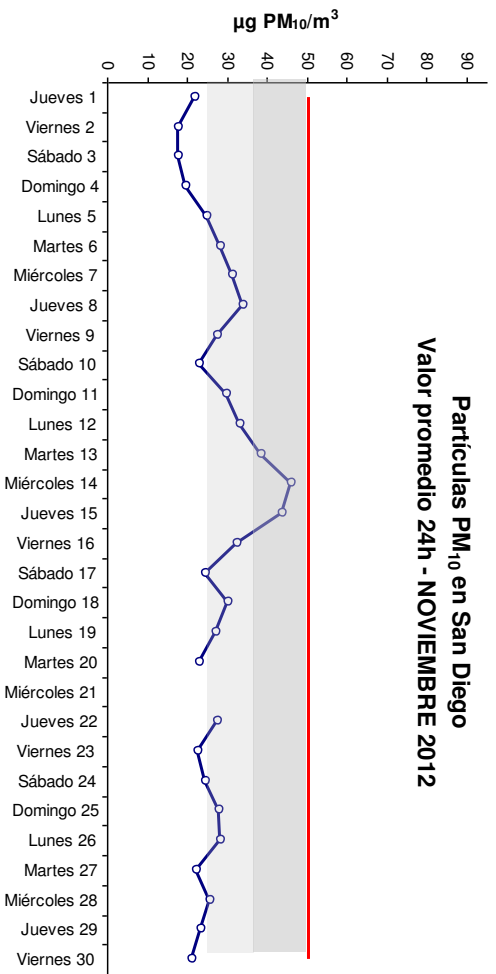
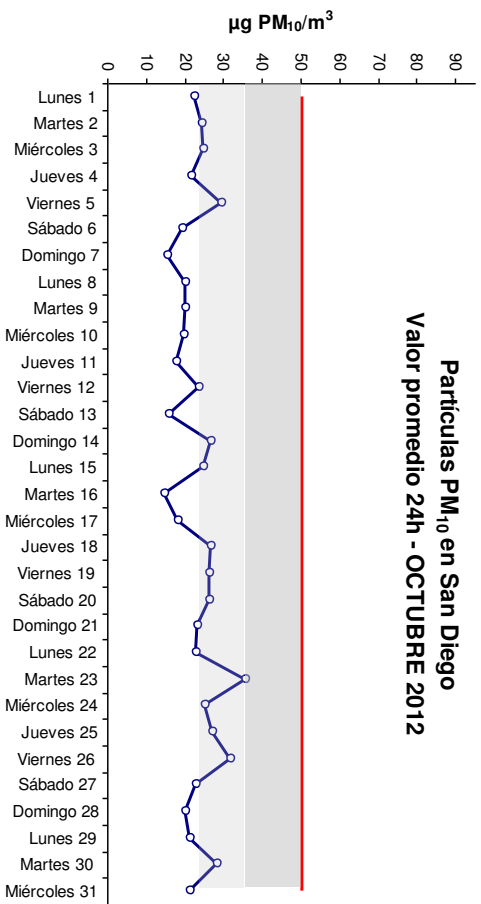
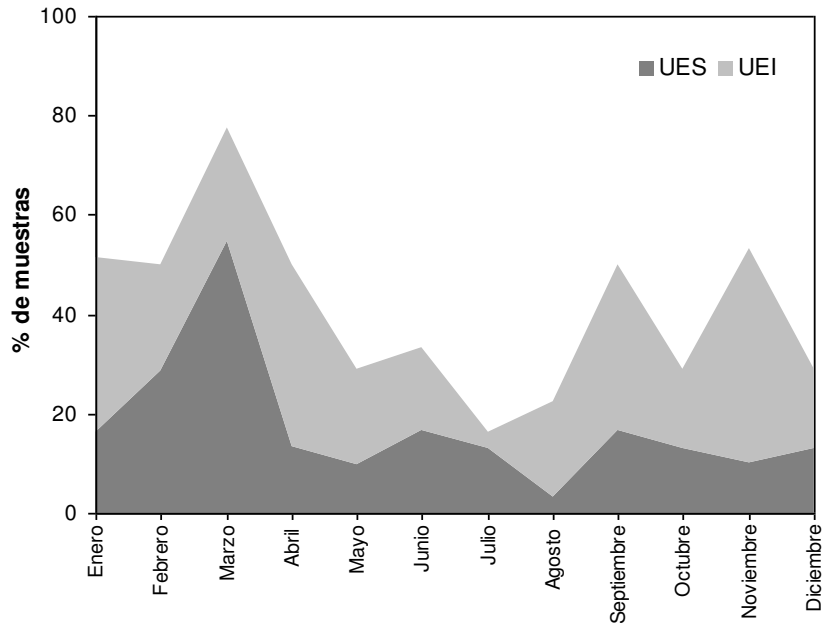


Figura 7. Evolución del promedio diario (24h) de los niveles de partículas PM<sub>10</sub>. (continúa)



**Figura 7. Evolución del promedio diario (24h) de los niveles de partículas PM<sub>10</sub>.**

En la figura 8 se representan el porcentaje de muestras que superan dentro de cada mes el UEI y qué porcentaje de ellas supera también el UES. Así observamos que en los meses de enero, marzo, septiembre y noviembre un número mayor de muestras superan el UEI sin embargo el porcentaje de estas muestras que superan también el UES es mayor en los meses de febrero a marzo.



**Figura 8. Evolución mensual del porcentaje de muestras que superan los UEI y UES.**

Para evaluar la influencia de la precipitación en los niveles de materia particulada  $PM_{10}$  se ha representado el sumatorio de la precipitación acumulada en un mes frente a la media mensual de los niveles de  $PM_{10}$  (figura 9). Los datos de precipitación han sido obtenidos en la estación de inmisión situada en el Castrillón perteneciente al Ayuntamiento de A Coruña.

Así, se observan las diferencias entre los distintos meses de estudio, en los meses de mayo, junio y octubre las precipitaciones fueron menores.

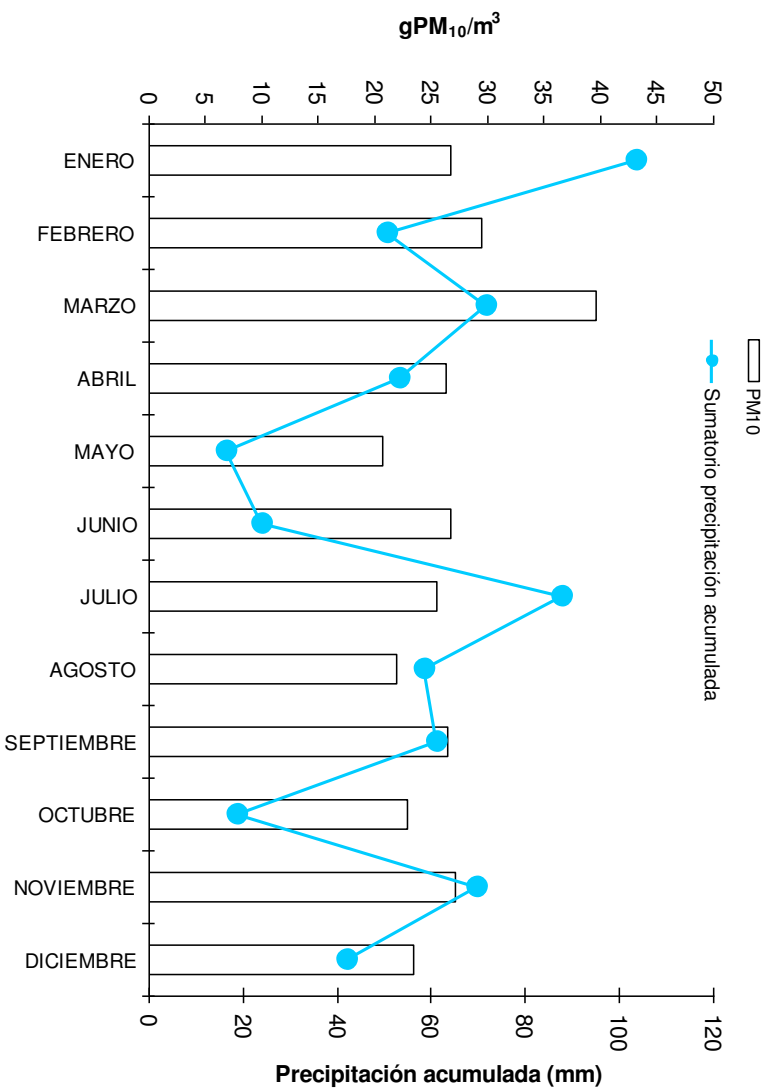


Figura 9. Niveles promedio mensuales de PM<sub>10</sub> y de sumatorio de precipitación acumulada.

Si se hace una discusión más detallada representando la precipitación acumulada diaria se observa que los meses de enero, julio, septiembre y noviembre han sido los más lluviosos. En los meses de enero, febrero, abril, octubre, noviembre y diciembre las precipitaciones fueron continuadas durante períodos largos (una semana o más) mientras en el resto, las lluvias además de ser escasas tuvieron una duración como máximo de 2 o 3 días (figura 10).

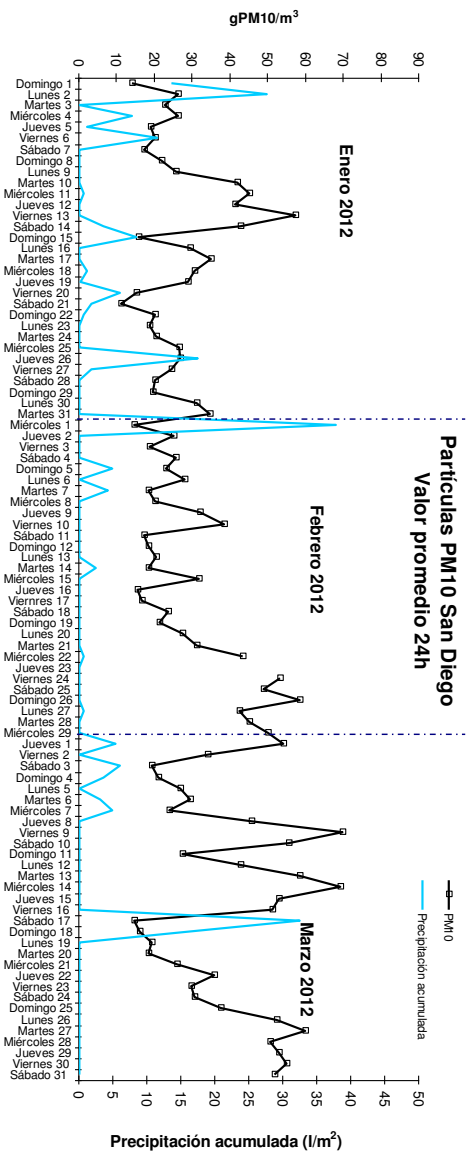


Figura 10. Influencia de la precipitación en los niveles promedio diarios de partículas PM<sub>10</sub>. (continúa)

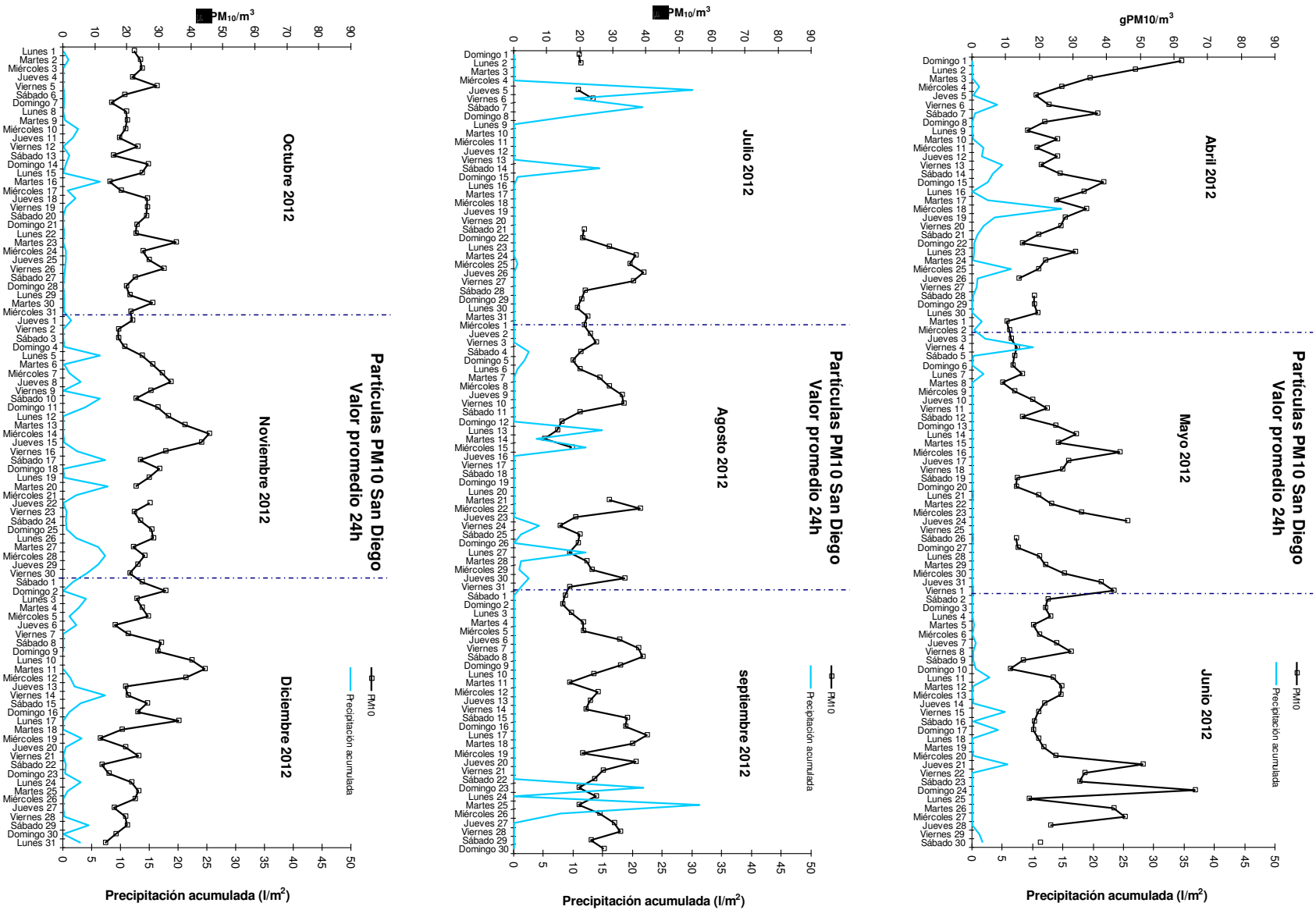
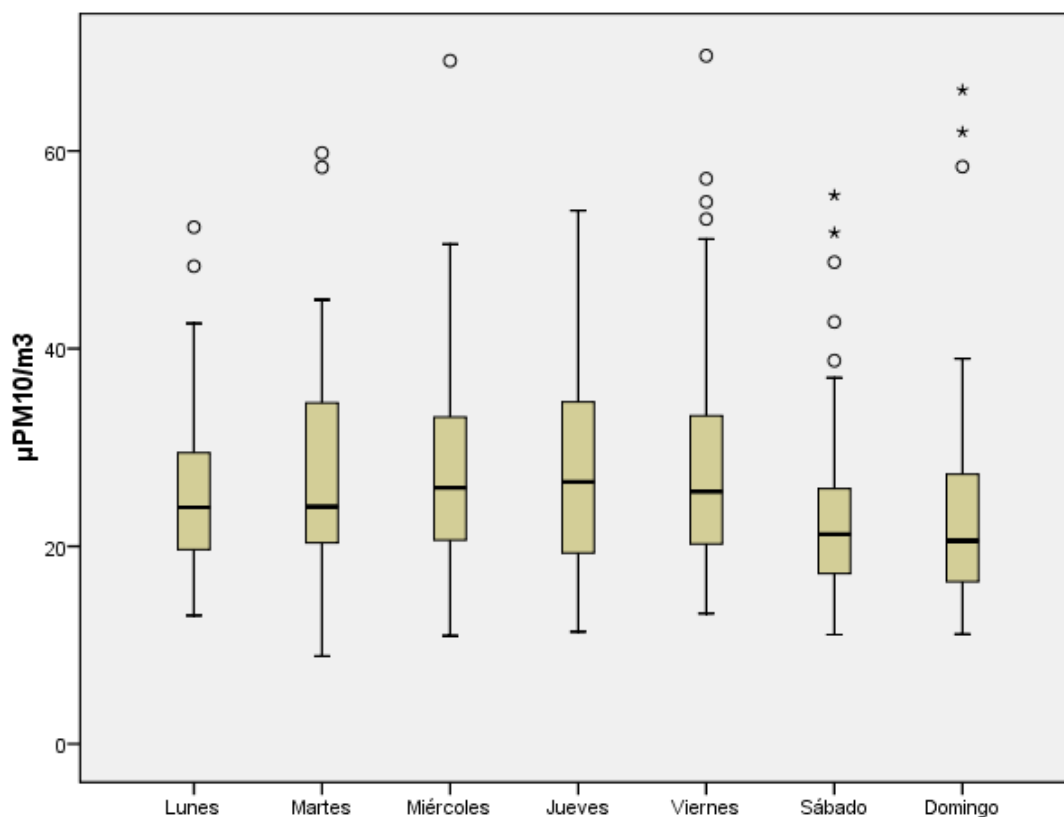


Figura 10. Influencia de la precipitación en los niveles promedios diarios de partículas PM<sub>10</sub>.

En relación con la variación de los niveles de  $PM_{10}$  en función del día de la semana en la representación de Box-Whisker (figura 11), se observa que los niveles aumentan ligeramente de lunes a viernes para luego disminuir durante el fin de 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 11. Diagramas de Box-Whisker del valor promedio 24 h (método gravimétrico) para los diferentes días de la semana durante el período de muestreo.**

Para un estudio más en detalle de la variación diaria a lo largo de las semanas, en la tabla VII se indica una comparación entre los niveles promedio diarios de partículas  $PM_{10}$  obtenidos los días laborales (lunes a viernes) y los fines de semana (sábado y domingo) durante el año 2012.

Los valores más altos y el número de superaciones del valor límite promedio diario tienen lugar en días laborales, existiendo una diferencia de  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  entre los promedios de los dos períodos de la semana.

Además en la tabla se clasifican las muestras en función de diferentes rangos de concentración de partículas; indicando en forma de porcentaje la diferencia clara entre ambos períodos (ver Anexo III, pág. 51-53).

**Tabla VII. Comparación de los niveles de PM<sub>10</sub> en días laborales y fines de semana.**

		Laborales	Fin de semana
Nº de muestras		241	99
Valor promedio diario PM <sub>10</sub> (■/m <sup>3</sup> )		29	24
Valor máximo de PM <sub>10</sub> (■/m <sup>3</sup> )		70	66
Valor mínimo de PM <sub>10</sub> (■/m <sup>3</sup> )		9	11
Nº de superaciones del valor límite diario		13	5
<i>Porcentaje*</i>			
N I V E L E S	> 20 ■/m <sup>3</sup>	71,4 (51,6)	50,5 (14,7)
	> 25 ■/m <sup>3</sup> (UEI)	47,3 (33,5)	28,3 (8,2)
	> 30 ■/m <sup>3</sup>	30,3 (21,5)	17,2 (5,0)
	> 35 ■/m <sup>3</sup> (UES)	19,5 (13,8)	11,1 (3,2)
	> 40 ■/m <sup>3</sup>	13,3 (9,4)	7,1 (2,1)
	> 50 ■/m <sup>3</sup> (valor límite diario)	5,4 (3,8)	5,1 (1,5)

\*Porcentaje referido al número de muestras de cada período y entre paréntesis referido al total de muestras

#### NIVELES DE PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> Y PM<sub>1</sub> SEGÚN ESPECTRÓMETRO LÁSER

Como se ha comentado al principio de este estudio en el apartado de metodología, se ha muestreado simultáneamente con un espectrómetro láser GRIMM obteniendo valores para las tres fracciones granulométricas PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>1</sub>. Este equipo no ha estado operativo en el mes de agosto.

Aunque este método de medida en continuo no es método de referencia<sup>3,9</sup> aporta una ventaja adicional ya que posibilita la realización de un seguimiento en base horaria de los niveles registrados de partículas y poder establecer relaciones de los niveles de inmisión con las emisiones en el entorno y los escenarios meteorológicos.

El método de referencia gravimétrico 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.

Existe un protocolo para comparar el método en continuo con el equipo de referencia y obtener un factor de corrección. Los niveles medios mensuales y el promedio anual de las tres fracciones granulométricas se muestran en la tabla VIII. En este apartado se indican los valores obtenidos directamente sin aplicarles el factor de corrección calculado de 1,38 para  $PM_{10}$  (ver Anexo II, pág. 49).

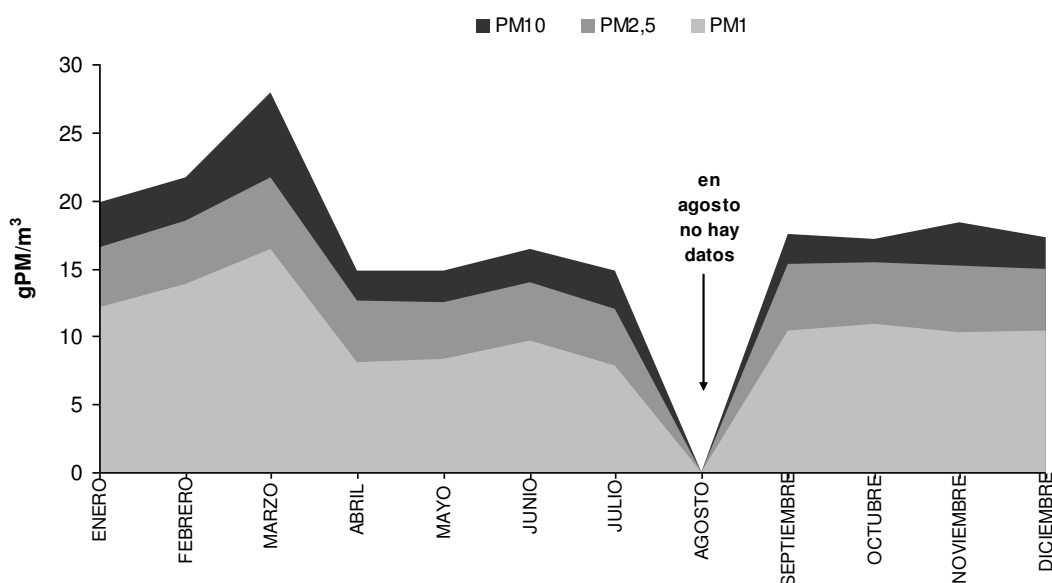
**Tabla VIII. Resumen de los valores correspondientes a las tres fracciones granulométricas para el año 2012.**

	$PM_{10}$	$PM_{2,5}$	$PM_1$
	$(\mu\text{g}/\text{m}^3)$		
Enero	20	17	12
Febrero	22	18	14
Marzo	28	22	16
Abril	15	13	8
Mayo	15	13	8
Junio	16	14	10
Julio	15	12	8
Agosto	-	-	-
Septiembre	18	15	10
Octubre	17	15	11
Noviembre	18	15	10
Diciembre	17	15	10
<b>Media Anual</b>	<b>18</b>	<b>15</b>	<b>11</b>

Tal y como se ha comentado al inicio de este informe en el RD 102/2011<sup>6</sup> se establecen unas pautas 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  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , que posteriormente se convertirá en valor límite en el año 2015 e incluso podrá ser reducido a  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a la luz de una mayor información acerca de los efectos de la salud. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos y “suponiendo” el mismo factor gravimétrico de 1,38 calculado para  $PM_{10}$ , el valor promedio anual de  $PM_{2,5}$  en el punto de muestreo sería de  $20,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

En la figura 12 se indica la evolución del promedio mensual para cada fracción en donde se observa variación estacional en cuanto a los niveles de las tres fracciones  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  y  $PM_1$ . La alta contribución de partículas con diámetros inferiores a  $2,5 \mu\text{m}$  al  $PM_{10}$  es muy similar a lo largo del año excepto en los meses de abril y septiembre, en los que la contribución es mayor.





**Figura 12. Evolución mensual de los niveles de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>1</sub> durante el año 2012.**

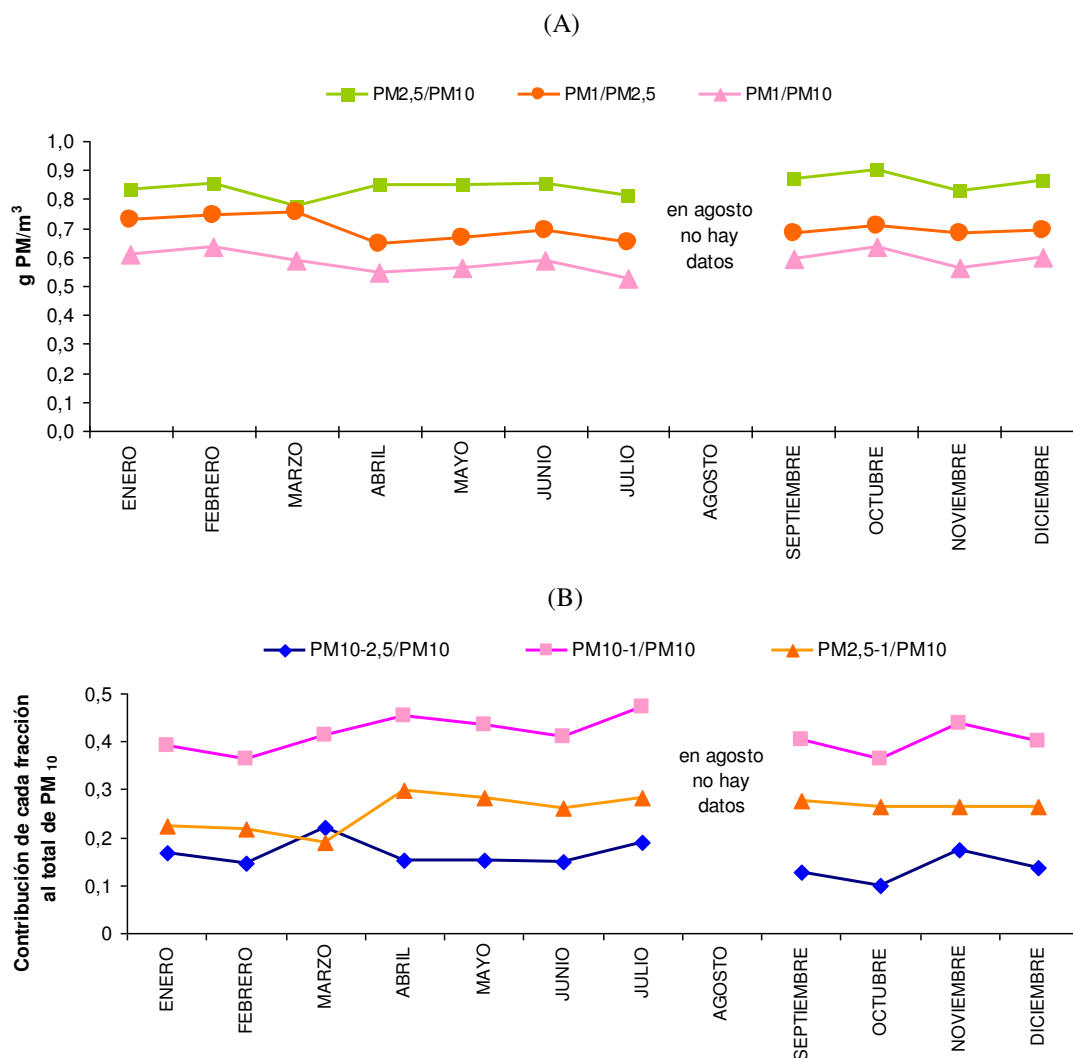
La granulometría del material particulado en el aire depende de la naturaleza de los focos emisores. Durante el período de muestreo el 84% de la fracción de PM<sub>10</sub> está constituida por PM<sub>2,5</sub> y un 70% de ésta por PM<sub>1</sub> (tabla IX). Las relaciones entre las fracciones granulométricas PM<sub>1</sub>/PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>1</sub>/PM<sub>10</sub> son similares a las obtenidas en años anteriores, sin embargo, la ratio PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>1</sub> presenta valores considerablemente superiores a los obtenidos en los años 2007,2008 y 2011, pero similares a los obtenidos durante el año 2010.

**Tabla IX. Valores de las ratios entre las diferentes fracciones granulométricas en el año 2012**  
(agosto no hay datos por fallo en el equipo).

	PM <sub>2,5</sub> /PM <sub>10</sub>	PM <sub>1</sub> /PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>1</sub> /PM <sub>10</sub>
Enero	0,83	0,73	0,61
Febrero	0,85	0,75	0,64
Marzo	0,78	0,75	0,59
Abril	0,85	0,65	0,55
Mayo	0,85	0,67	0,56
Junio	0,85	0,69	0,59
Julio	0,81	0,65	0,53
Agosto	-	-	-
Septiembre	0,87	0,68	0,60
Octubre	0,90	0,71	0,64
Noviembre	0,83	0,68	0,56
Diciembre	0,86	0,69	0,60
<b>Anual</b>	<b>0,84</b>	<b>0,70</b>	<b>0,59</b>

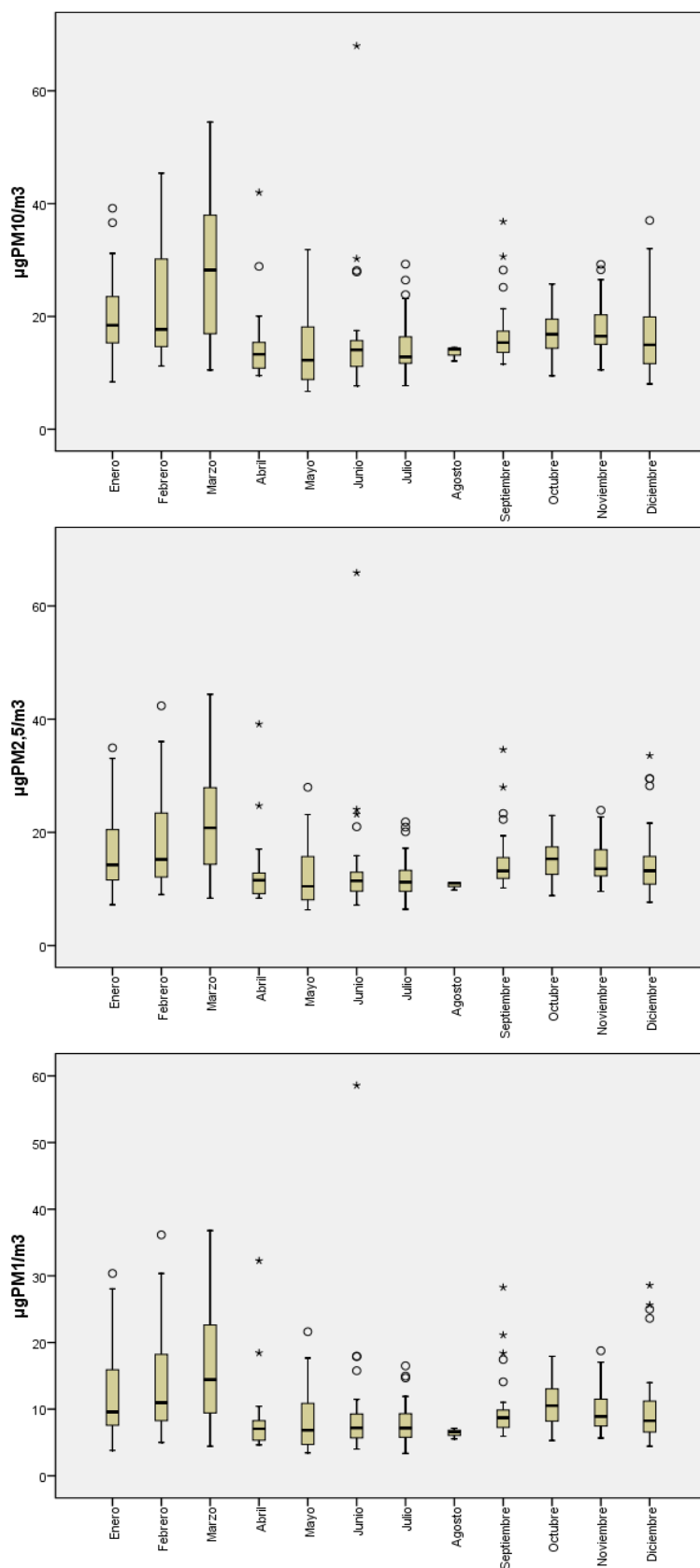
Otra manera de ver esta variación es de forma gráfica y así en la figura 13 (A) se presenta la evolución de las ratios entre las diferentes fracciones granulométricas a lo largo de los meses de muestreo, observando entre un 4-6% de variación a lo largo de todo el período.

En la figura 13 (B) se puede observar la proporción relativa de cada fracción al nivel total de  $PM_{10}$ . Aquí las variaciones son mayores a lo largo del año, aproximadamente un 41% para el rango  $PM_{10-2,5}$ ; 19% para el rango  $PM_{10-1}$  y 7% para el rango más fino  $PM_{2,5-1}$ .



**Figura 13. Evolución mensual de los ratios de las tres fracciones granulométricas y de los rangos de materia particulada durante el año 2012 (agosto no hay datos por fallo en el equipo).**

En las gráficas de Box-Whisker (figura 14) se muestra la dispersión de los niveles durante el período de muestreo, observando que las variaciones en  $PM_{10}$  obtenidas con el procedimiento automático sigue la misma evolución que las obtenidas con el método gravimétrico (ver figura 5, pág. 14). Las mayores variaciones se producen en el primer trimestre del año para las tres fracciones granulométricas.



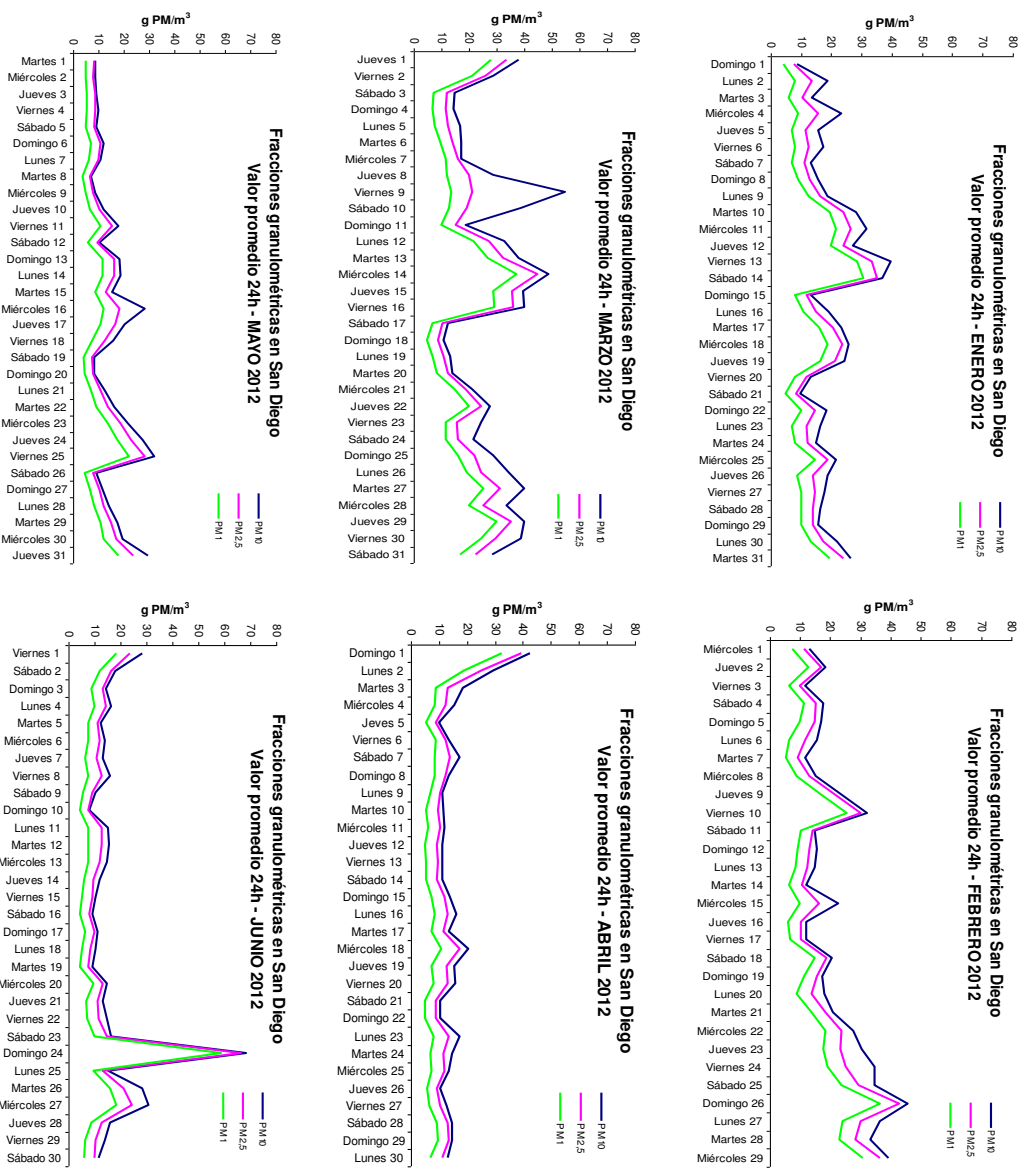
° Casos con valores entre 1,5 y 3 longitudes de caja desde el borde superior o inferior de la caja. La longitud de la caja es la amplitud intercuartil.

\* 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.

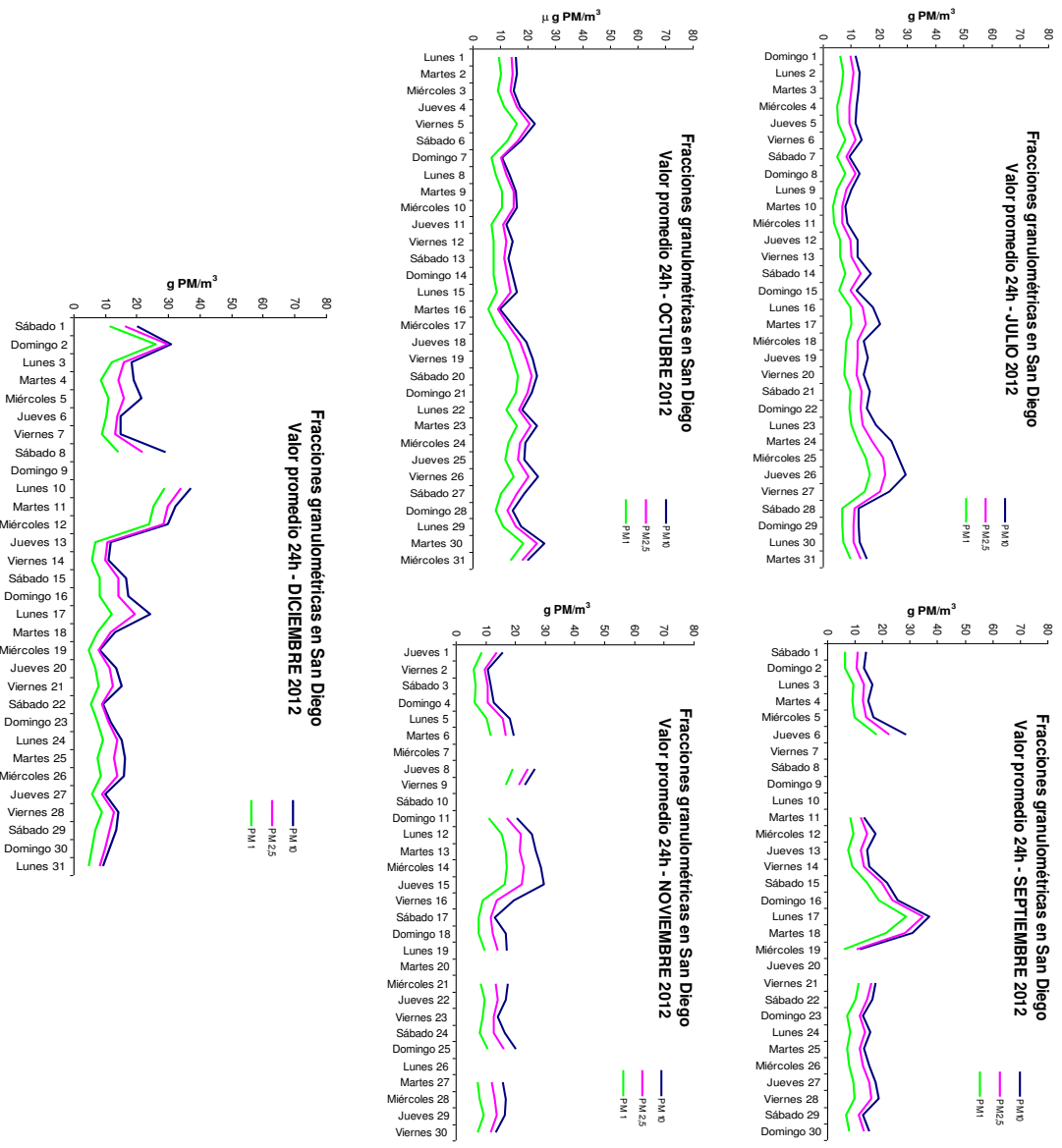
**Figura 14. Diagramas de Box-Whisker para los niveles medios diarios de las fracciones granulométricas del año 2012 (agosto sin datos).**

A continuación y para hacer un estudio con más detalle se presenta en la figura 15 la evolución de la media diaria de las tres fracciones granulométricas, observando la evolución de las mismas a lo largo de los 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  $PM_{10}$ .

Como se observa en las gráficas un aumento en los niveles de  $PM_{10}$  va siempre acompañado de un aumento en los niveles de las fracciones finas  $PM_{2.5}$  y  $PM_{1}$ , sin embargo el aumento no siempre es proporcional para todas las fracciones, a veces aumenta la fracción  $PM_{10-2.5}$  sin que lo hagan las fracciones menores de  $PM_{2.5}$ . Esto sugiere que al aumento de los niveles de partículas de las tres fracciones granulométricas contribuyen fuentes de diferente naturaleza.



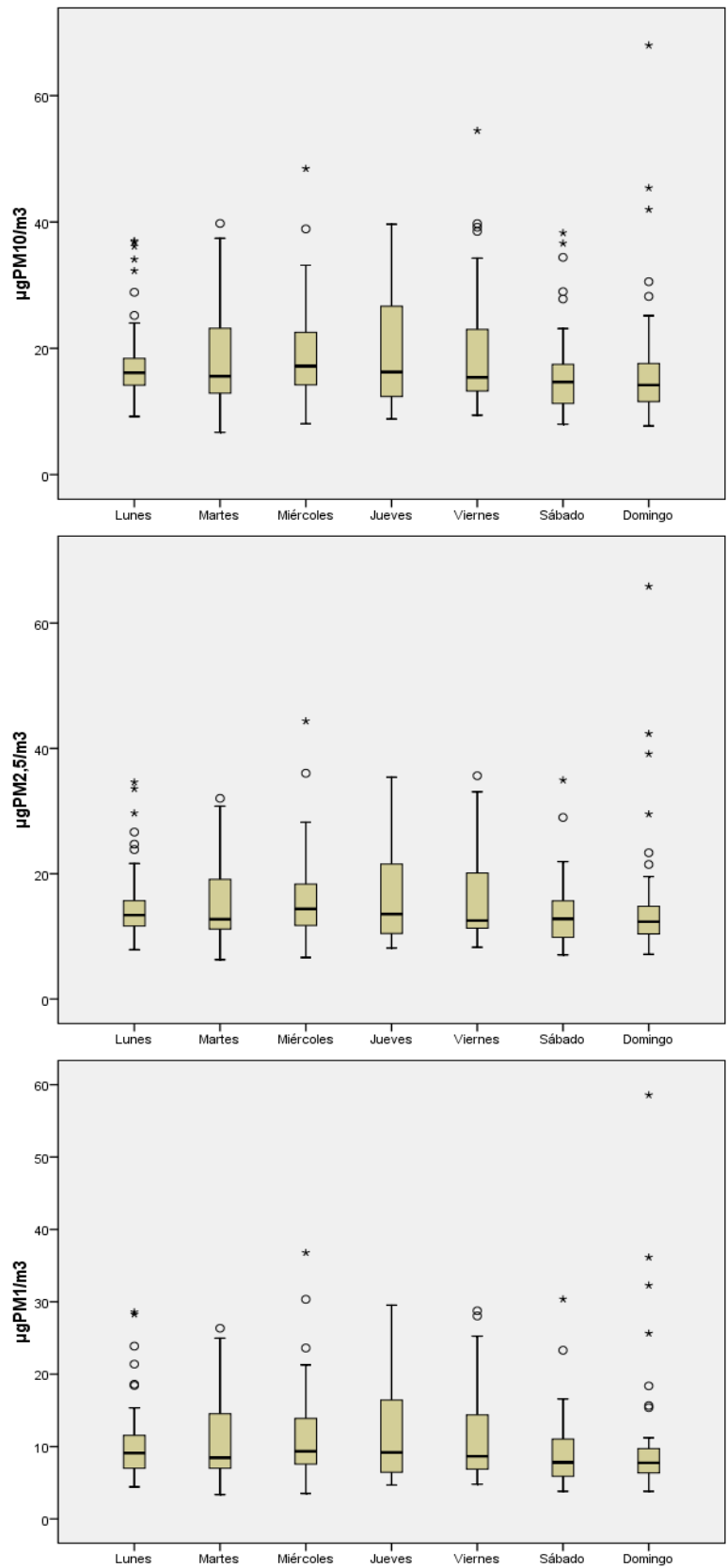
**Figura 15. Evolución de la media diaria de las fracciones granulométricas durante el año 2012**  
(agosto sin datos). (continúa)



**Figura 15. Evolución de la media diaria de las fracciones granulométricas durante el año 2012 (agosto sin datos).**

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, velocidad de viento y temperatura.

Las representaciones de Box-Whisker de la figura 16 indican la variabilidad existente para las tres fracciones según el día de la semana. La ligera disminución observada para los niveles de  $PM_{10}$  durante los fines de semana no se observa para las otras dos fracciones granulométricas más finas  $PM_{2.5}$  y  $PM_1$ .



° 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 16. Diagramas de Box-Whisker para los niveles medios diarios en función del día de muestreo de las fracciones granulométricas durante el año 2012.**

En la figura 17 se representan las series temporales de los niveles medios horarios de  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  y  $PM_1$  en los que se puede observar la variación horaria de los niveles de las diferentes fracciones granulométricas para cada uno de los días de muestreo.

No existe un patrón horario común a lo largo de todos los días de muestreo, corroborando que existen diferentes fuentes posibles de emisión de materia particulada a la atmósfera con influencia en el punto de muestreo y/o que las fuentes que las emiten no lo hacen de una manera continua. Se observa que aumentos en los niveles de  $PM_{10}$  no siempre van acompañados de un aumento de las fracciones  $PM_{2,5}$  y  $PM_1$ .

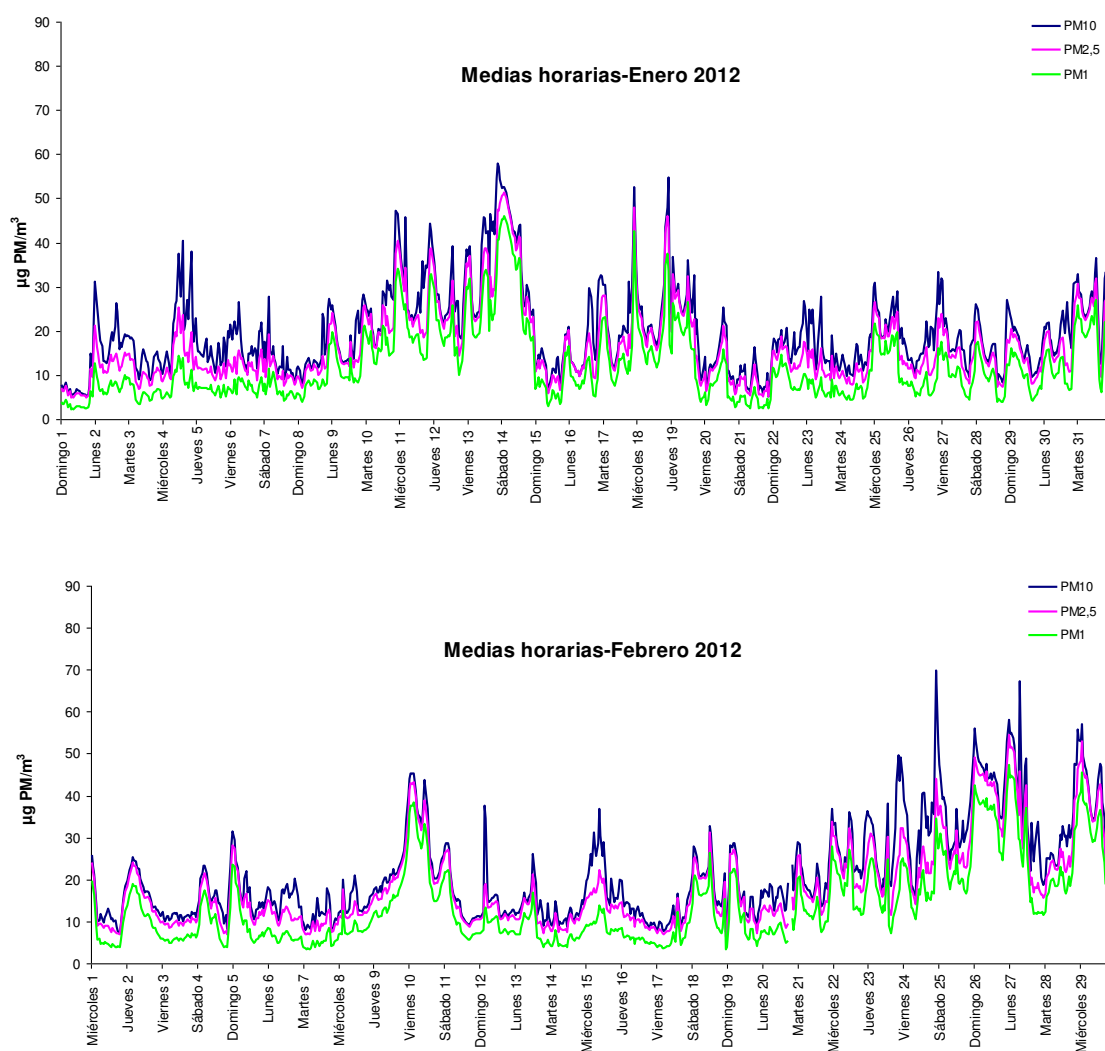
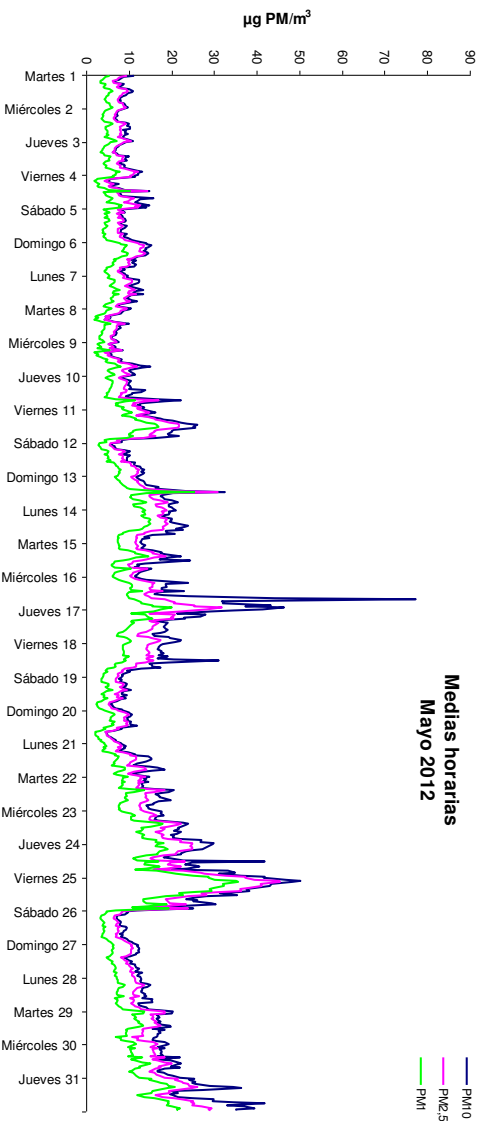
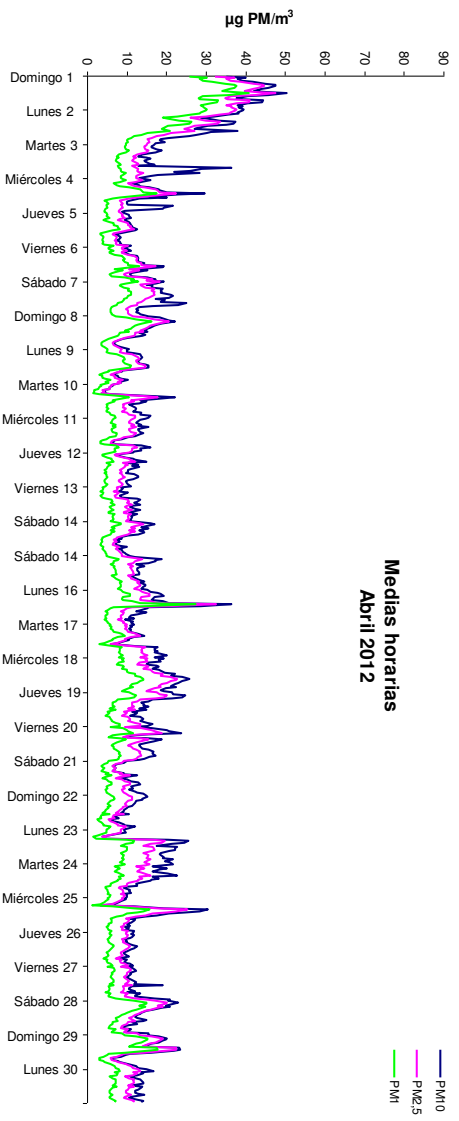
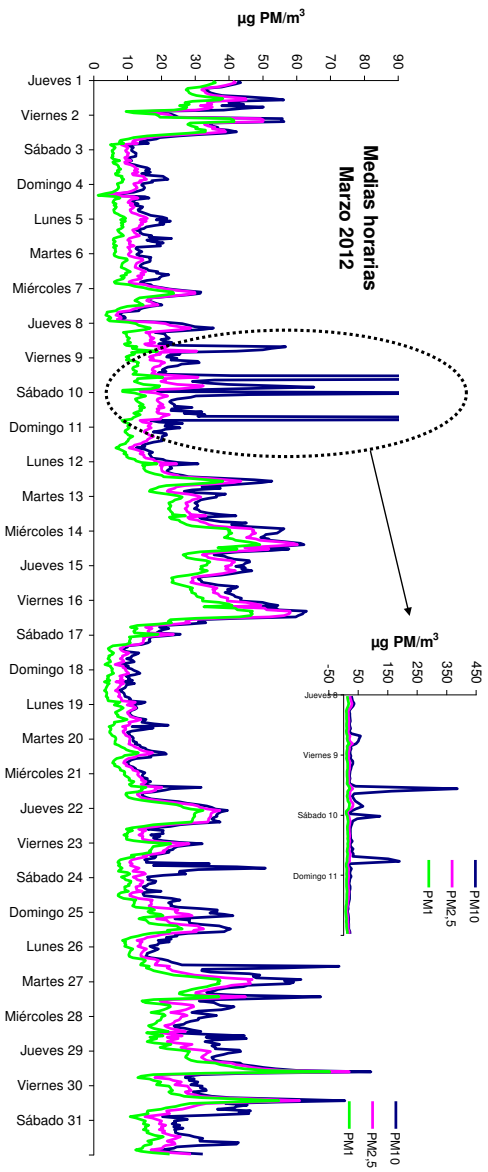


Figura 17. Series temporales de los niveles medios horarios de  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  y  $PM_1$  año 2012. (continúa)



**Figura 17. Series temporales de los niveles medios horarios de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>1</sub> año 2012.**  
(continúa)



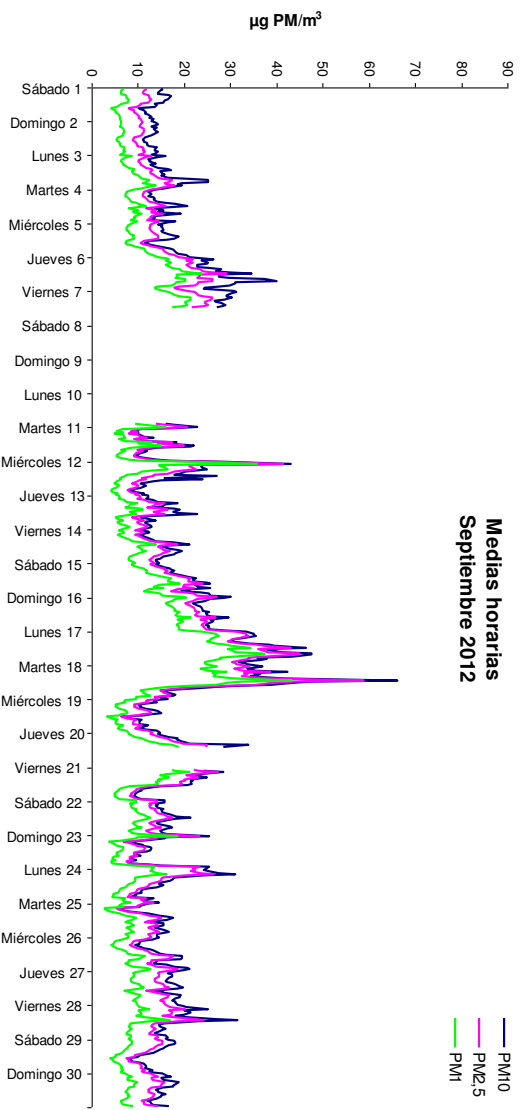
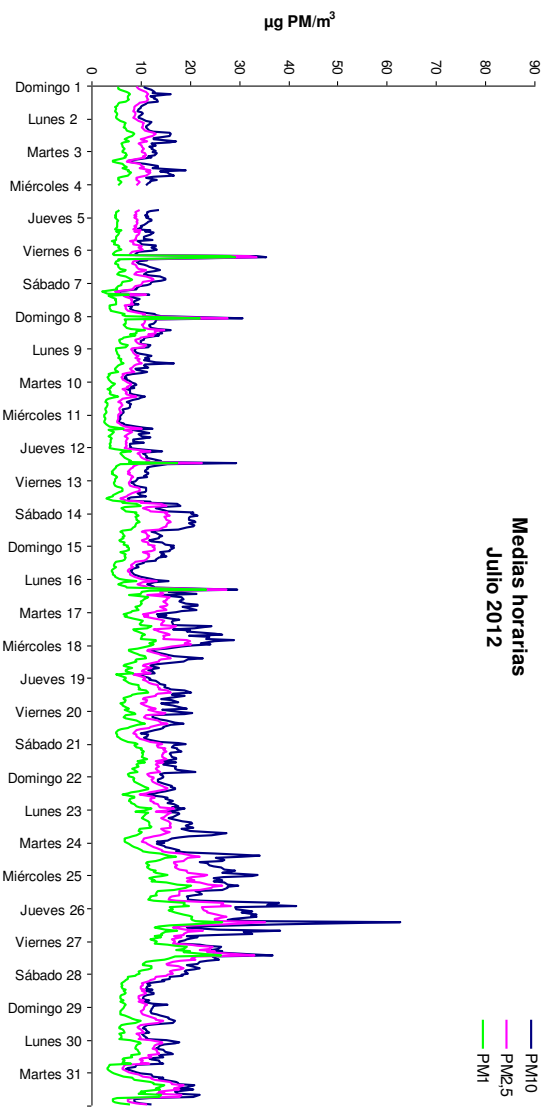
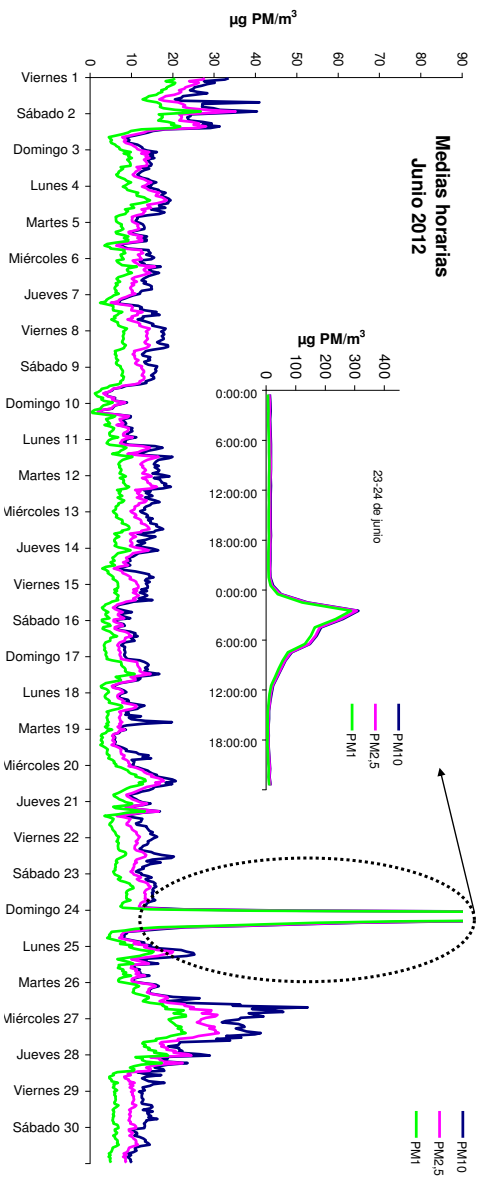
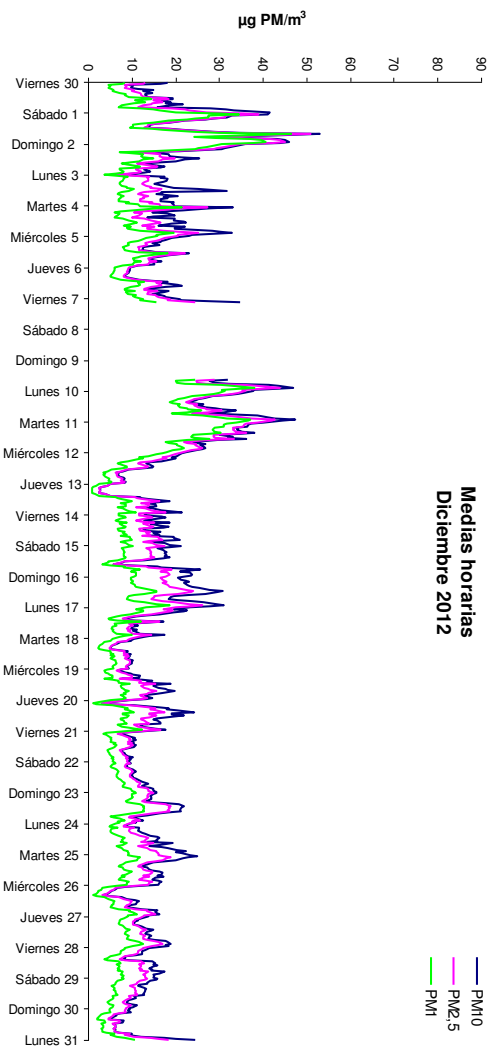
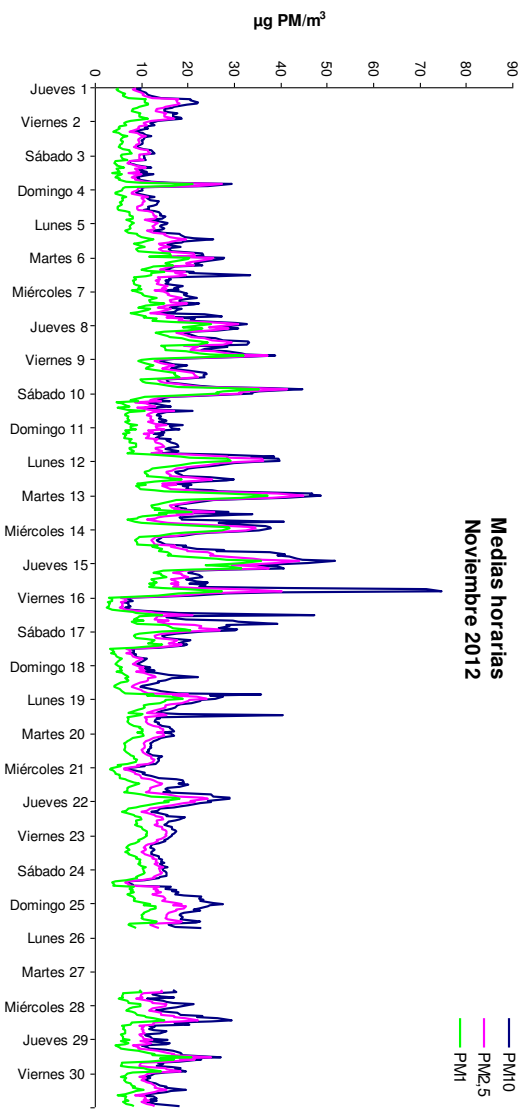
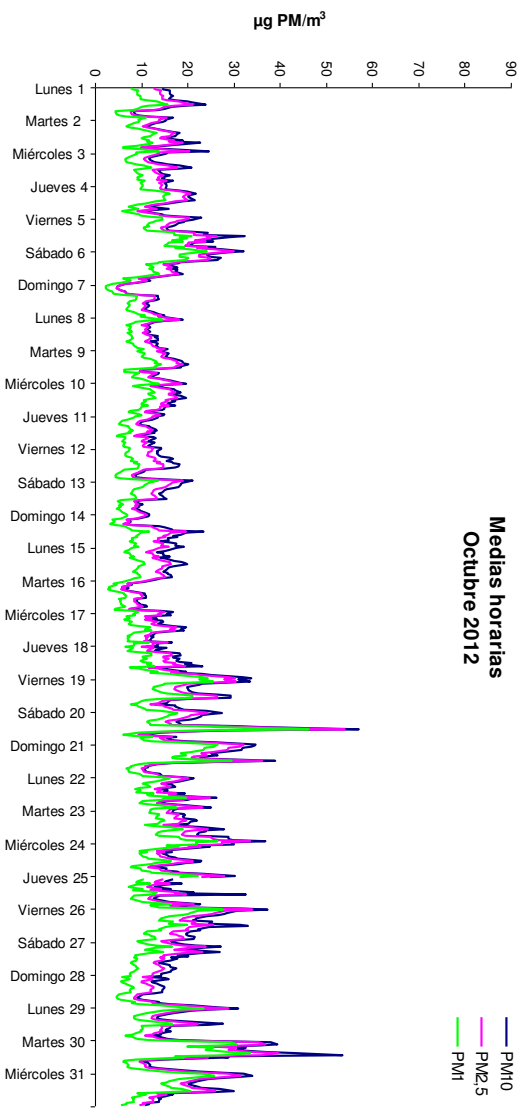
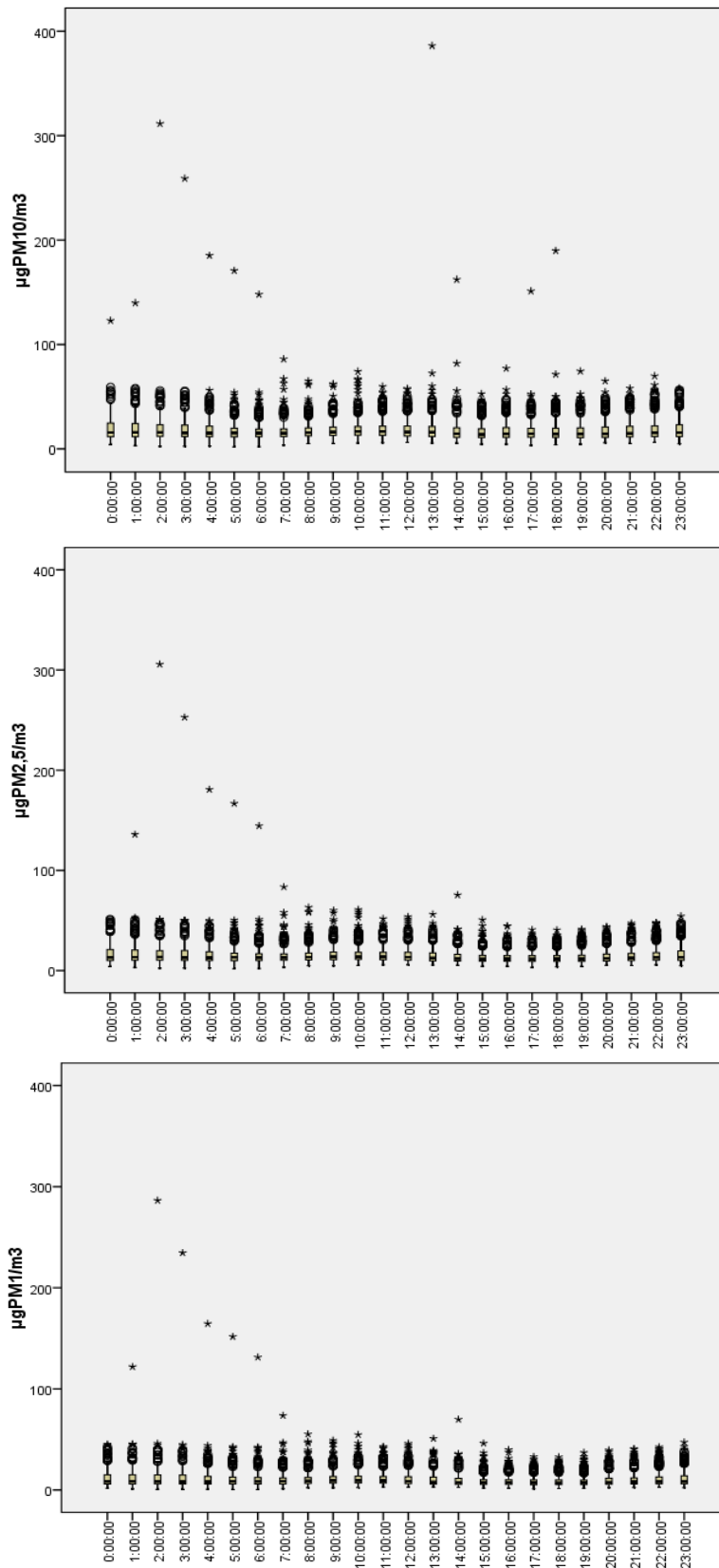


Figura 17. Series temporales de los niveles medios horarios de  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$  y  $\text{PM}_1$  año 2012.



**Figura 17. Series temporales de los niveles medios horarios de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>1</sub> año 2012.**

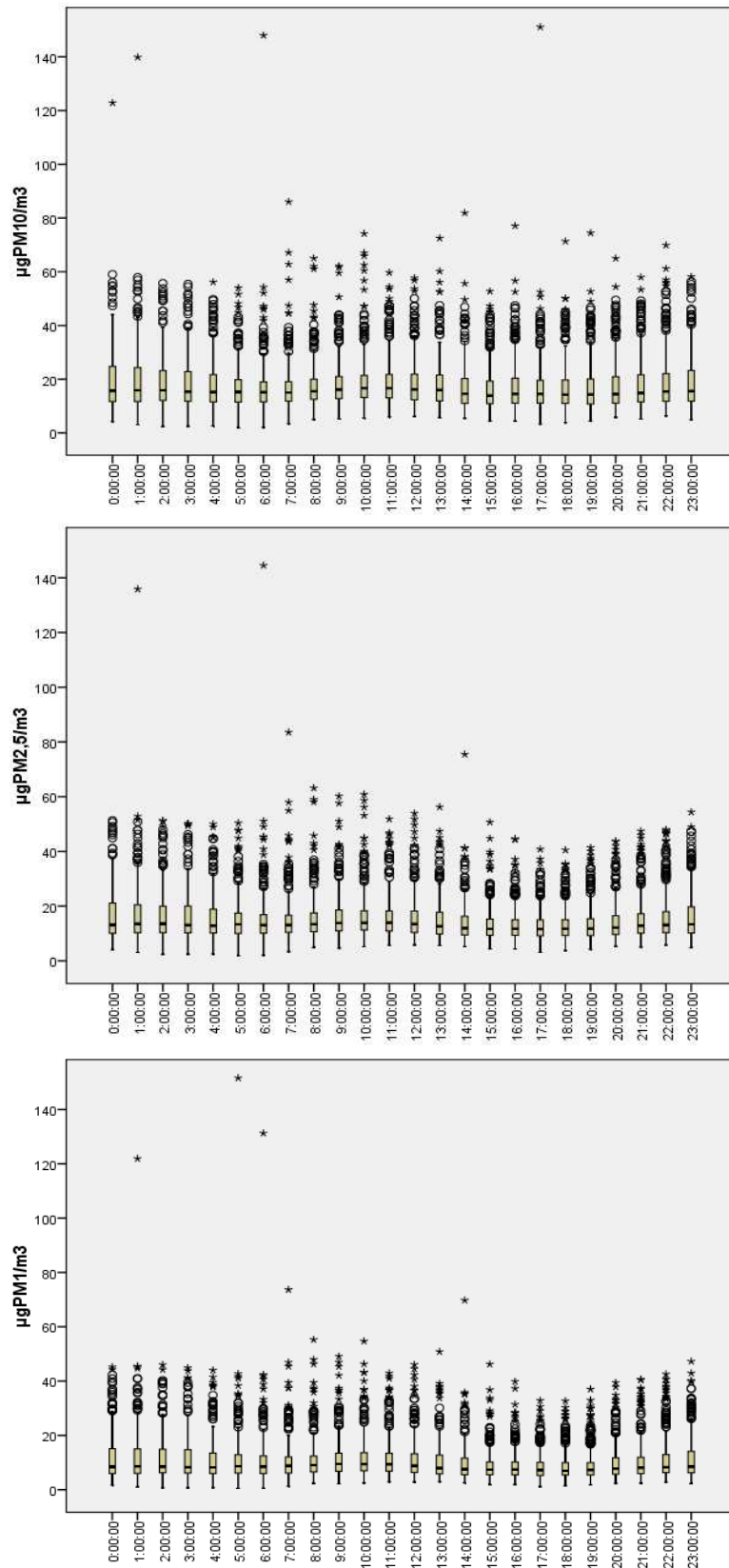
A continuación se representan las gráficas de la evolución de la media horaria a lo largo de todos los días (figuras 18a y 18b) para ver si existe algún patrón horario.



° 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 18a. Diagramas de Box-Whisker para los niveles medios horarios de las tres fracciones granulométricas desde febrero a diciembre de 2012.**



° 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 18b. Diagramas de Box-Whisker para los niveles medios horarios de las tres fracciones granulométricas desde febrero a diciembre de 2012 (eliminados los valores más altos).**

En la figura 19 se observa cómo las tres fracciones sufren variaciones a lo largo del día con valores máximos entre las 9h-13h de la mañana con un ligero aumento desde las 21h hasta las 3h de la madrugada en que empiezan a disminuir. También se observa cómo la fracción  $PM_{10-2,5}$  y por lo tanto la fracción  $PM_{10-1}$  son las que más variación sufren mientras que la moda fina  $PM_{2,5-1}$  prácticamente permanece sin muchos cambios durante las horas del día.

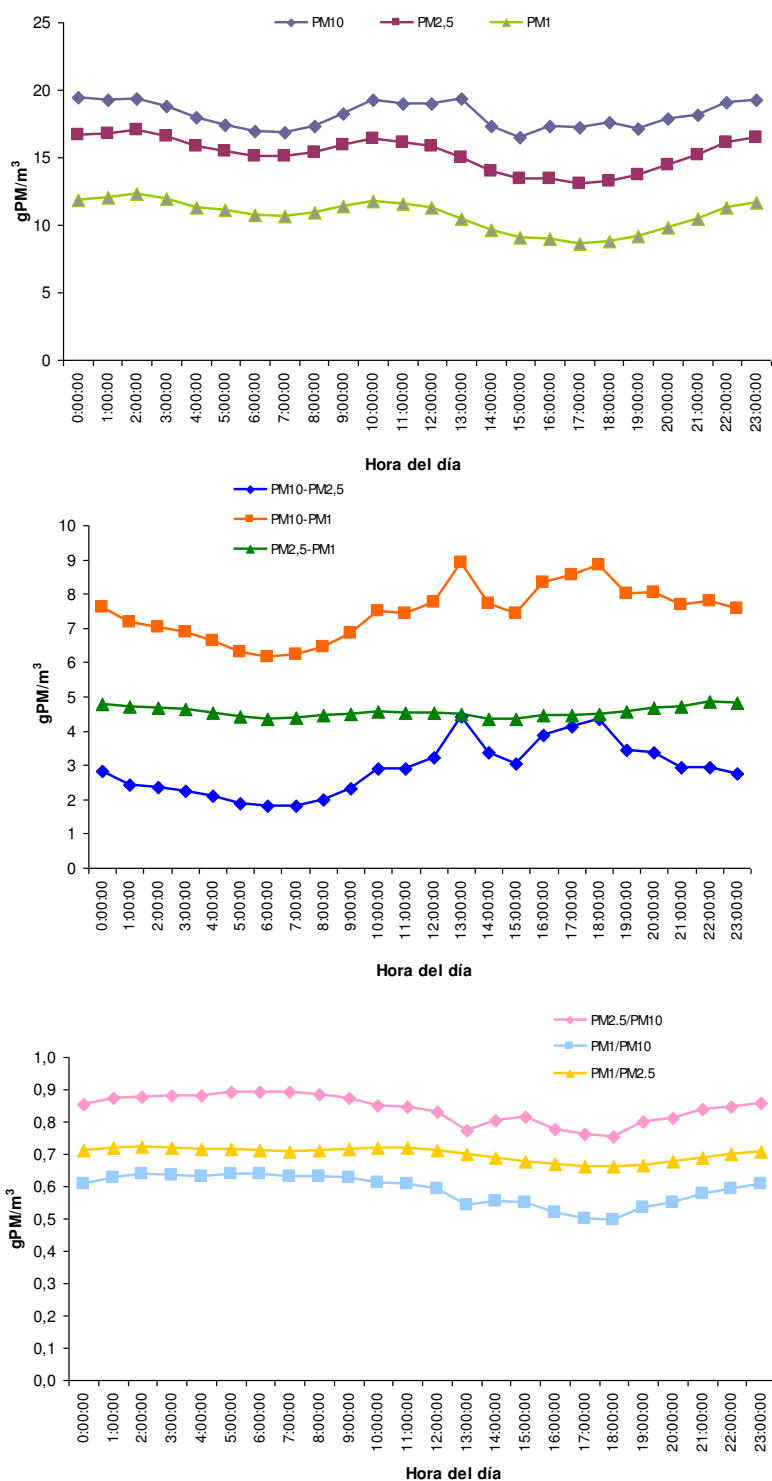


Figura 19. Evolución de los niveles medios horarios a lo largo del día de las tres fracciones granulométricas y sus ratios en el año 2012.

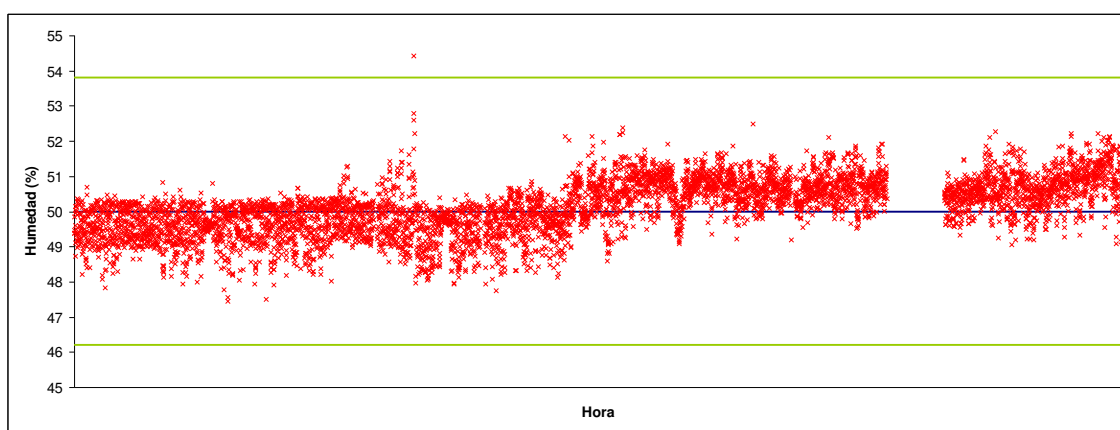
## CONCLUSIONES

- Se han determinado los niveles diarios de  $PM_{10}$  en la zona de Os Castros durante el año 2012. Se han recogido un total de 340 muestras que representan una cobertura anual del 93%.
- El valor promedio anual de  $PM_{10}$  ha sido de  $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$  no superando el valor límite permitido por la normativa de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- El valor límite diario de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  se ha superado en 18 días. Valor alejado de 35 superaciones como máximo por año fijado en la Directiva 50/2008 y RD 102/2011.
- En el primer trimestre del año se producen 16 superaciones del valor límite diario que representan el 88,9% del total de superaciones ocurridas durante 2012; mientras que en los meses de abril y junio se producen las 2 restantes que representan el 11,1% del total.
- Los valores máximos diarios con valores de 70, 66 y  $62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , se producen en marzo, junio (San Juan) y abril respectivamente. En cuanto a los valores mínimos oscilan entre los  $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  del mes de mayo y los 19 y  $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de los meses de julio y noviembre.
- La tendencia estacional de la concentración de  $PM_{10}$  en el punto de muestreo refleja los valores más altos en el primer trimestre del año. Para el resto del año se presentan valores inferiores pero no muy diferentes entre ellos, si se tiene en cuenta la variabilidad dentro de cada mes.
- El 5,3 % del total de muestras supera el valor límite diario de  $PM_{10}$  de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , un 36,0% del total de muestras superan los  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , un 22,1% superan los  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y un 46,5% superan los  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- En relación con los valores de umbral superior e inferior de evaluación, indicar que un 15,0% de las muestras (51 muestras) superan el umbral de evaluación superior de  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y un 32,1% (109 muestras) superan el umbral de evaluación inferior de  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- Los niveles medios mensuales de  $PM_{10}$  oscilan entre los  $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$  del mes de mayo y los  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  del mes de marzo, seguido de los  $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$  del mes de febrero.

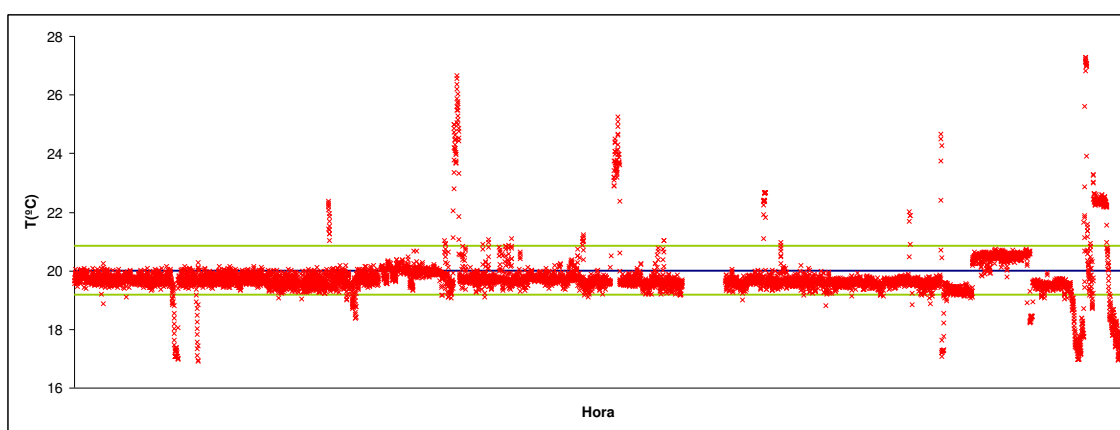
- Existe variabilidad semanal en los niveles de  $PM_{10}$  observándose una ligera disminución los fines de semana. Un 47,3% de las muestras durante los días laborales y un 28,3% para los fines de semana superan el UEI. Sin embargo el UES es superado en un 19,5% los días laborales y en un 11,1% los fines de semana.
- La granulometría del material particulado en el aire depende de la naturaleza de los focos emisores. Durante el período de muestreo el 84% de la fracción de  $PM_{10}$  está constituida por  $PM_{2,5}$  y un 70% de ésta por  $PM_1$ . Las relaciones entre las fracciones granulométricas  $PM_1/PM_{2,5}$  y  $PM_1/PM_{10}$  son similares a las obtenidas en años anteriores, sin embargo, la ratio  $PM_{2,5}/PM_1$  presenta valores considerablemente superiores a los obtenidos en los años 2007,2008 y 2011, pero similares a los obtenidos durante el año 2010.
- No existe un patrón horario común a lo largo de todos los días de muestreo, para las diferentes fracciones granulométricas. Ello indica que existen diferentes fuentes posibles de emisión de materia particulada a la atmósfera con influencia en el punto de muestreo y/o que las fuentes que las emiten no lo hacen de una manera continua. Se observa que aumentos en los niveles de  $PM_{10}$  no siempre van acompañados de un aumento de las fracciones  $PM_{2,5}$  y  $PM_1$ .
- 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.

**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 PM<sub>10</sub>**

Siguiendo los requisitos de las Normas UNE-EN 12341 y UNE-EN 14907:2006, los filtros de fibra de cuarzo se acondicionan durante 120 horas antes de la primera pesada y 48 horas 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 horarios tanto de humedad relativa como de la temperatura de la sala de balanzas durante todo el año. La pesada de los filtros ha sido realizada cuando la sala de balanzas estaba en condiciones bajo control.



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



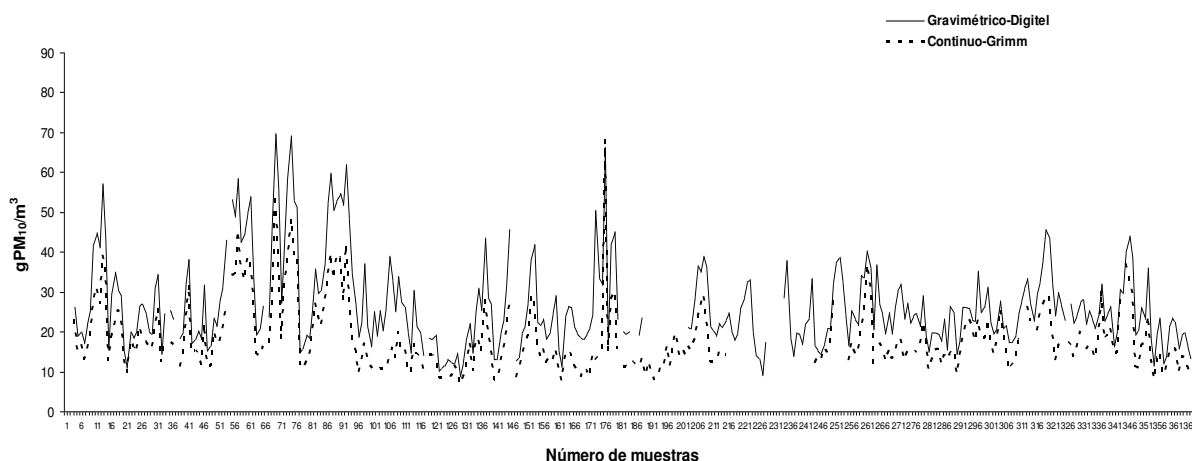
**Figura 21. Carta de control de la temperatura (°C) en la sala de balanzas.**



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

La Directiva 1999/30/CE<sup>11</sup> 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 PM<sub>10</sub> e intercomparación con el método de referencia” para calcular el factor de corrección que hay que aplicar a las medidas del monitor. Esta información<sup>12</sup> está disponible y se puede descargar de la siguiente página web: <http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/finalwgreportes.pdf>.

Para ello se muestreó de manera simultánea con el Digitel y el GRIMM (método automático). En este estudio, se han utilizado 251 medidas válidas (figura 22) y únicamente valores cuya media fue > 10 µg/m<sup>3</sup> de PM<sub>10</sub> (la guía establece un mínimo de 30 medidas continuadas):

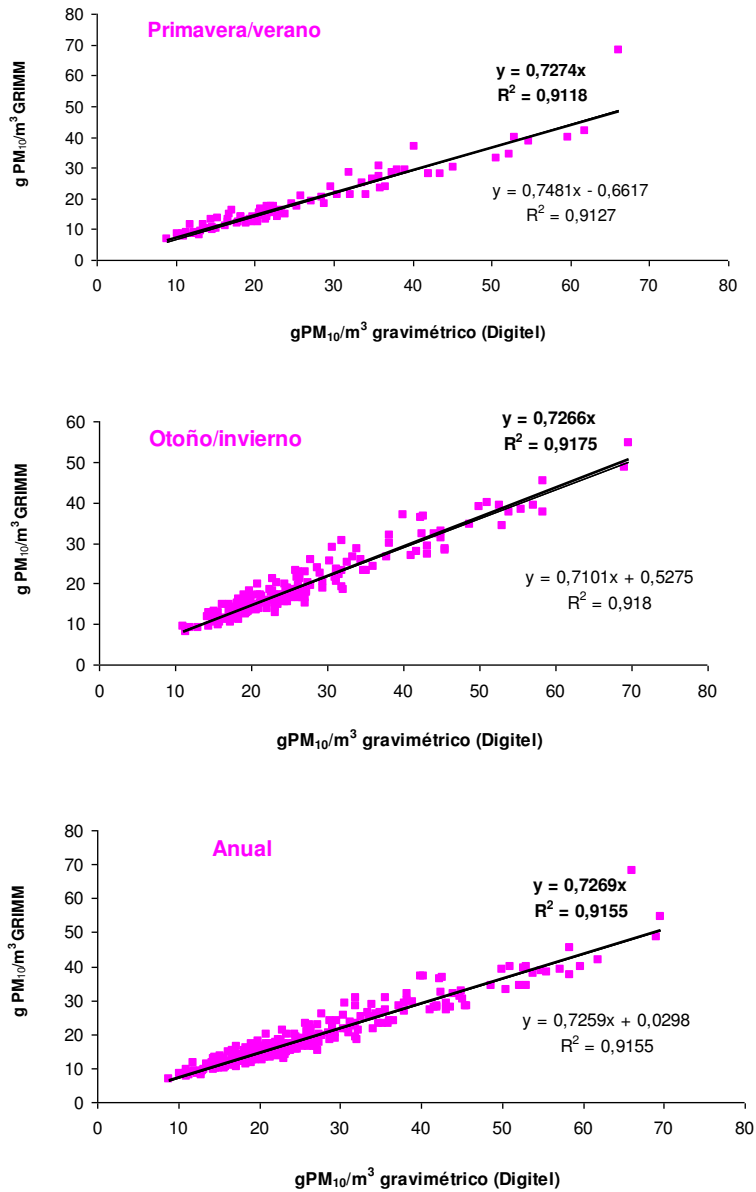


**Figura 22. Comparación de las medias diarias obtenidas por el método automático (Grimm) y por el método gravimétrico (Digitel).**

Posteriormente se comparan las concentraciones de PM<sub>10</sub> 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 y a continuación se calcula el coeficiente de correlación (figura 23). En el caso de que los factores obtenidos en los dos períodos estacionales (verano/invierno) sean iguales o muy similares se podría utilizar un único factor para todo el año. Sin embargo, si hay mucha diferencia entre ambos factores, no se podría aplicar ninguno de ellos ni la media entre ambos para todo el periodo anual.

<sup>11</sup> Directiva Europea de calidad del aire 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.

<sup>12</sup> Grupo de trabajo de la Comisión Europea sobre material particulado atmosférico. Guía para los Estados Miembros sobre medidas de PM<sub>10</sub> e intercomparación con el método de referencia.



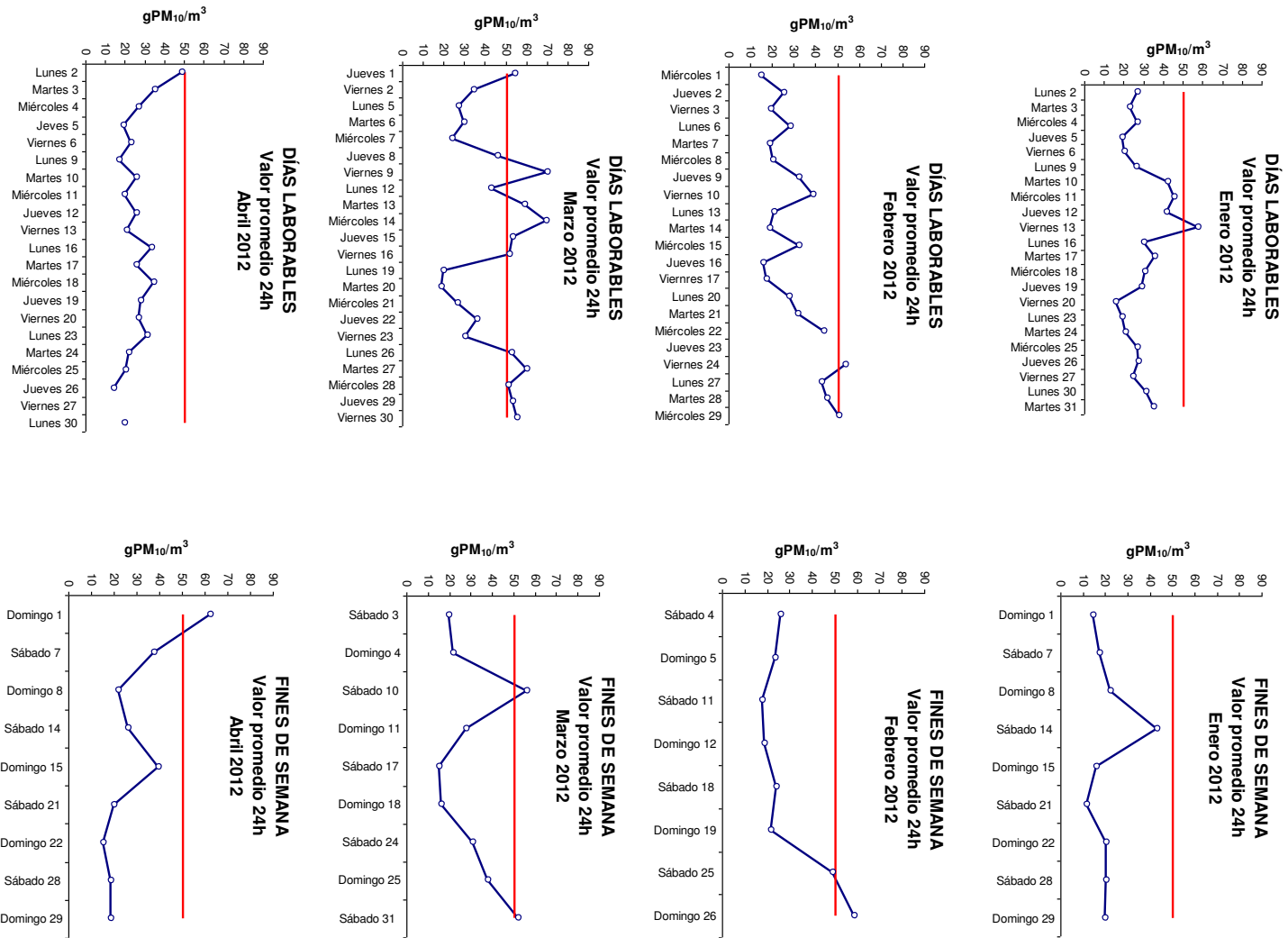
**Figura 23. Correlación entre el equipo automático (espectrómetro láser) y el equipo gravimétrico (Digitel) en el punto de muestreo.**

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%. En nuestro caso (tabla X) el factor ha sido de 1,37 para la primavera/verano y de 1,38 para el otoño/invierno, por lo tanto se utilizará el factor promedio que resulta ser 1,38.

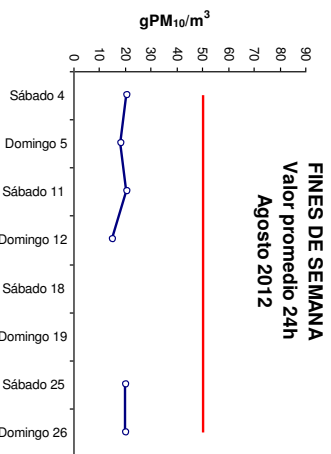
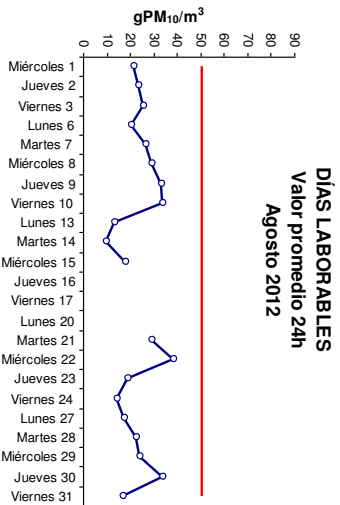
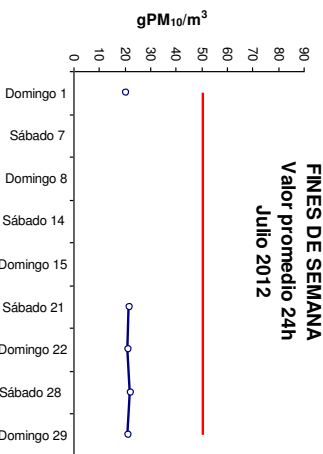
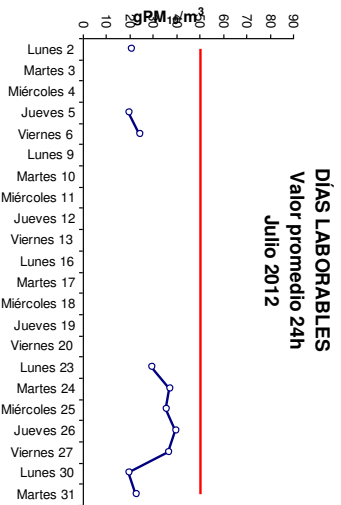
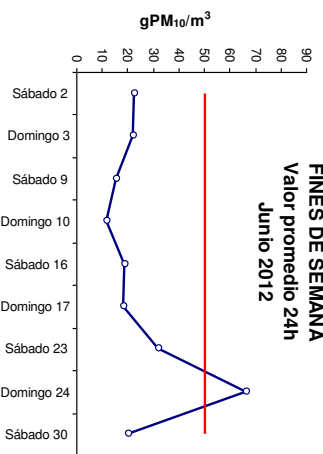
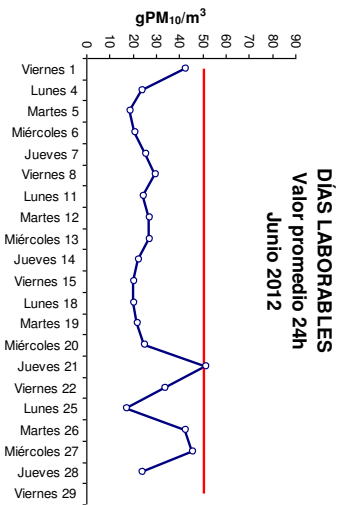
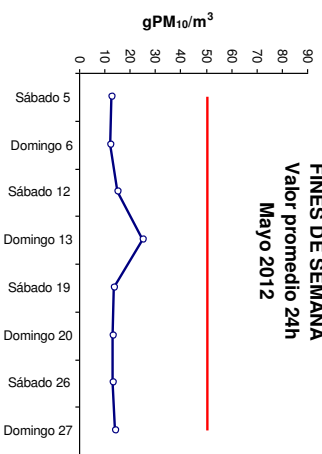
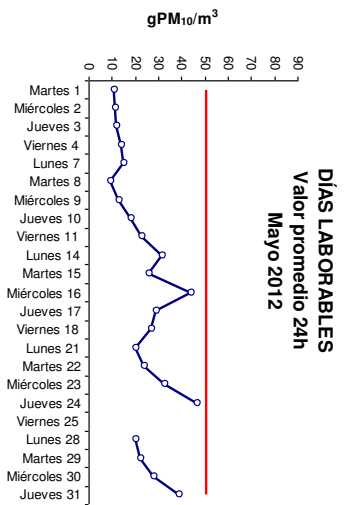
**Tabla X. Factor gravimétrico.**

Período	Factor
Primavera/verano (21 de marzo a 20 de septiembre)	1,37
Otoño/invierno (21 de septiembre a 20 de marzo)	1,38
<b>MEDIA ANUAL</b>	<b>1,38</b>

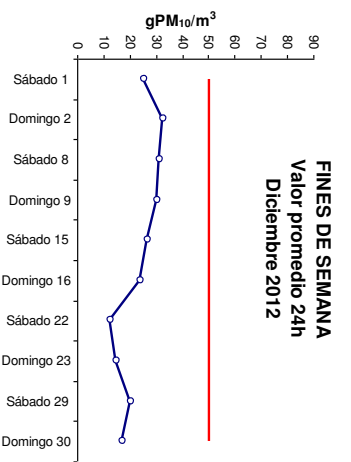
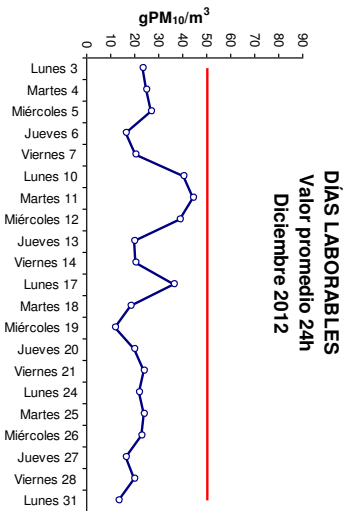
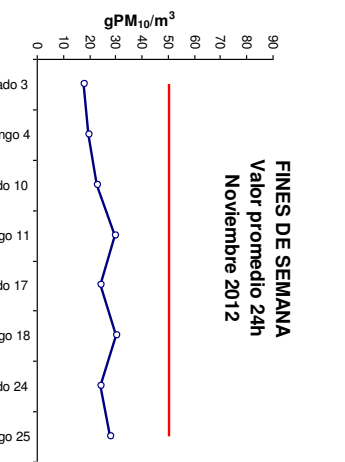
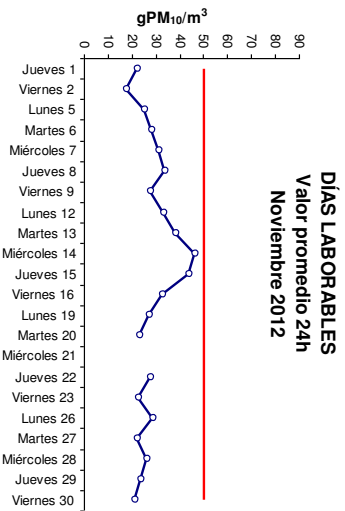
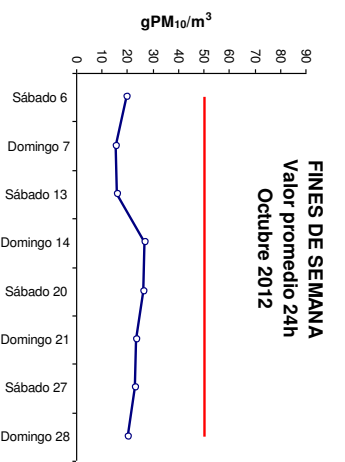
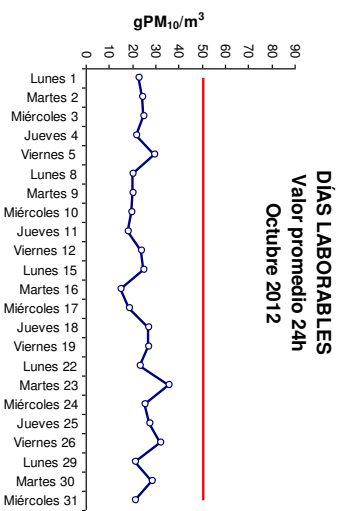
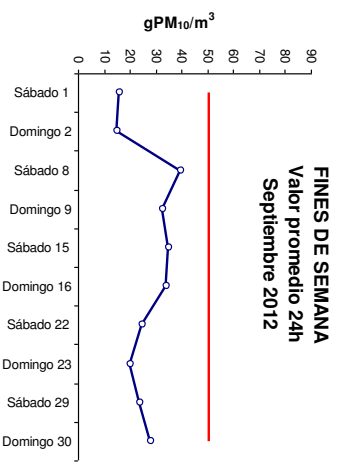
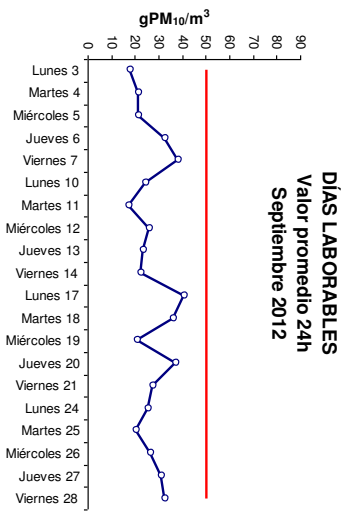
**ANEXO III.- GRÁFICAS DE LOS NIVELES DE PARTÍCULAS  $PM_{10}$  PARA LOS DÍAS LABORABLES Y FINES DE SEMANA (método gravimétrico)**



**Figura 24. Variación de los niveles de partículas  $PM_{10}$  en días laborables y fines de semana para cada mes de muestreo del año 2012. (continúa)**



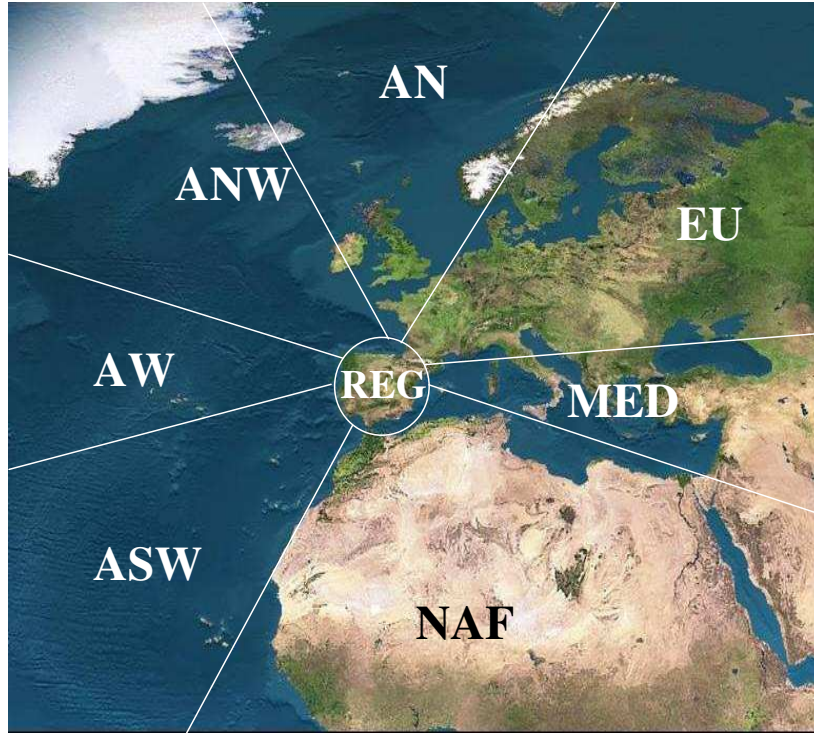
**Figura 24. Variación de los niveles de partículas PM<sub>10</sub> en días laborables y fines de semana para cada mes de muestreo del año 2012. (continúa)**



**Figura 24. Variación de los niveles de partículas PM<sub>10</sub> en días laborables y fines de semana para cada mes de muestreo del año 2012.**

## ANEXO IV.- 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)<sup>13,14</sup>, distinguiendo ocho sectores (figura 25).



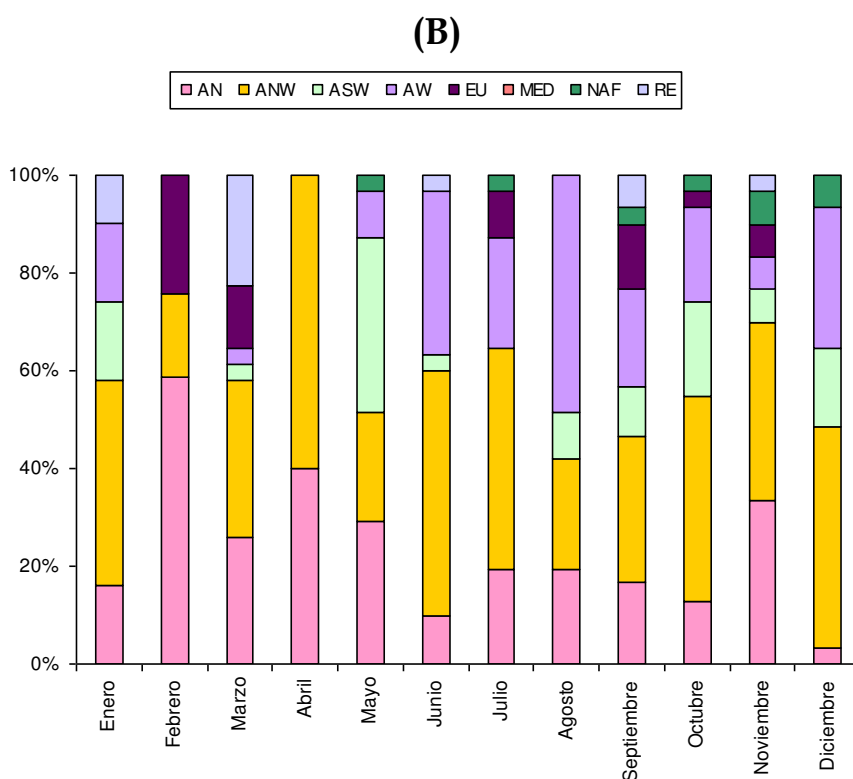
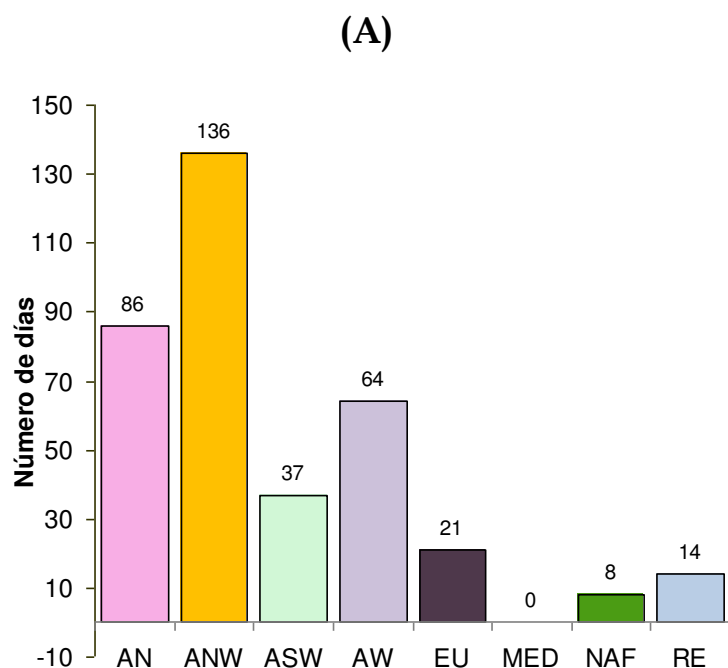
**Figura 25. Clasificación del origen de las masas de aire : AN (Atlántico Norte), ANW (Atlántico Noroeste), AW (Atlántico Oeste), ASW (Atlántico Suroeste), NAF (Norte de África), ME (Mediterráneo), EU (Europa Central), REG (Recirculación regional).**

En la figura 26 (A) se indica el número de días con influencia de masas de aire de diferente origen, observando que aproximadamente el 88,3% de los días existió un claro predominio del transporte de masas de aire procedentes de diversos sectores del Atlántico, seguido de un 5,7% de componente europeo, un 2,2% de componente africano y un 3,8 de componente regional.

En la figura 26 (B) se indica el porcentaje de días dentro de cada mes con las diferentes influencias, según origen, de las masas de aire y así indicar la evolución estacional de los escenarios de transporte.

<sup>13</sup> 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.

<sup>14</sup> 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.



**Figura 26. Origen de las masas de aire en A Coruña en 2012 determinado a partir del cálculo de retrotrayectorias de las masas de aire: (A) Número de días (B) Frecuencia a lo largo del año.**

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 intrusiones de aire sahariano, combustión de biomasa, etc.

**ANEXO V.- COMPARATIVA DE LOS RESULTADOS PARA LOS AÑOS  
AÑO 2007-2012**

**NIVELES DE PM<sub>10</sub> SEGÚN MEDIDA GRAVIMÉTRICA**

**Tabla XI. Resumen global de las muestras recogidas durante el período 2007-2012.**

	2007*	2008*	2009	2010	2011	2012
Nº muestras recogidas	288	330	360	358	354	340
% de muestras relativas a año civil	79	90,4	99	98	97	93
VALOR MÁXIMO DIARIO de PM10 (µg/m <sup>3</sup> )	71	85	77	74	94	70
VALOR MÍNIMO DIARIO de PM10 (µg/m <sup>3</sup> )	12	10	10	7	11	9
Nº SUPERACIONES del valor límite diario de 50 µg/m <sup>3</sup>	28	27	12	10	15	18
% SUPERACIONES con respecto al número total de muestras	9,7	8,2	3,3	2,8	4,2	5,3
<b>VALOR MEDIO ANUAL de PM10 (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>32</b>	<b>29</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>26</b>

\* en el año 2007 se comenzó el muestreo el 13 de marzo.

\*\* en el año 2008 se comenzó el 1 de enero pero no se muestreó entre el 13 de marzo y el 16 de abril

**Tabla XII. Valores promedio diarios máximo mensual durante el período 2007-2012.**

	Máximo mensual (µg/m <sup>3</sup> )					
	2007*	2008**	2009	2010	2011	2012
Enero	-	81	39	49	46	57
Febrero	-	85	69	35	60	58
Marzo	71	54	61	43	72	70
Abril	71	48	49	54	83	62
Mayo	43	60	41	64	43	46
Junio	61	56	77	74	48	66
Julio	41	37	36	52	38	39
Agosto	52	41	34	37	47	38
Septiembre	71	45	66	53	51	40
Octubre	57	63	53	61	94	35
Noviembre	44	39	54	47	39	46
Diciembre	60	60	48	42	46	44

\* en el año 2007 se comenzó el muestreo el 13 de marzo.

\*\* en el año 2008 se comenzó el 1 de enero pero no se muestreó entre el 13 de marzo y el 16 de abril.



**Tabla XIII. Valores promedio diarios mínimos mensual durante el período 2007-2012.**

	Mínimo mensual (mg/m <sup>3</sup> )					
	2007*	2008**	2009	2010	2011	2012
Enero	-	-	10	14	14	11
Febrero	-	-	10	11	17	14
Marzo	14	35	17	13	19	15
Abril	14	44	12	18	20	14
Mayo	14	27	17	16	18	9
Junio	13	28	12	17	13	11
Julio	12	24	12	18	13	19
Agosto	12	29	14	14	11	9
Septiembre	15	30	18	17	15	15
Octubre	24	40	11	7	13	14
Noviembre	17	30	15	10	16	17
Diciembre	16	38	13	7	13	11

\* en el año 2007 se comenzó el muestreo el 13 de marzo.

\*\* en el año 2008 se comenzó el 1 de enero pero no se muestreó entre el 13 de marzo y el 16 de abril.

**Tabla XIV. Valores medios mensuales por mes durante el período 2007-2012.**

	Media mensual (mg/m <sup>3</sup> )					
	2007*	2008**	2009	2010	2011	2012
Enero	-	38	24	24	23	27
Febrero	-	38	32	23	34	29
Marzo	35	31	34	27	34	40
Abril	44	26	24	34	37	26
Mayo	27	25	27	32	29	21
Junio	28	28	28	36	27	27
Julio	24	21	20	30	24	26
Agosto	29	23	23	22	25	22
Septiembre	30	28	34	30	27	26
Octubre	40	33	26	25	37	23
Noviembre	30	24	29	27	26	27
Diciembre	38	31	24	20	27	23

\* en el año 2007 se comenzó el muestreo el 13 de marzo.

\*\* en el año 2008 se comenzó el 1 de enero pero no se muestreó entre el 13 de marzo y el 16 de abril.

**Tabla XV. Número de superaciones por mes durante el período 2007-2012.**

	Número de superaciones					
	2007*	2008**	2009	2010	2011	2012
Enero	-	9	0	0	0	1
Febrero	-	7	3	0	1	2
Marzo	2	1	3	0	6	13
Abril	13	0	0	1	4	1
Mayo	0	1	0	3	0	0
Junio	2	2	1	2	0	1
Julio	0	0	0	1	0	0
Agosto	1	0	0	0	0	0
Septiembre	3	0	3	2	1	0
Octubre	2	0	1	1	3	0
Noviembre	0	4	1	0	0	0
Diciembre	5	0	0	0	0	0

\* en el año 2007 se comenzó el muestreo el 13 de marzo.

\*\* en el año 2008 se comenzó el 1 de enero pero no se muestreó entre el 13 de marzo y el 16 de abril.

En la figura 27 se indica la comparativa del total de muestras distribuidas por mes de muestreo. La tendencia estacional entre 2007- 2012 refleja los valores más altos en el otoño/invierno, siendo menores en el resto de la primavera y verano, con la excepción del año 2010 en el que los valores más altos se produjeron desde marzo hasta julio y de septiembre a octubre.

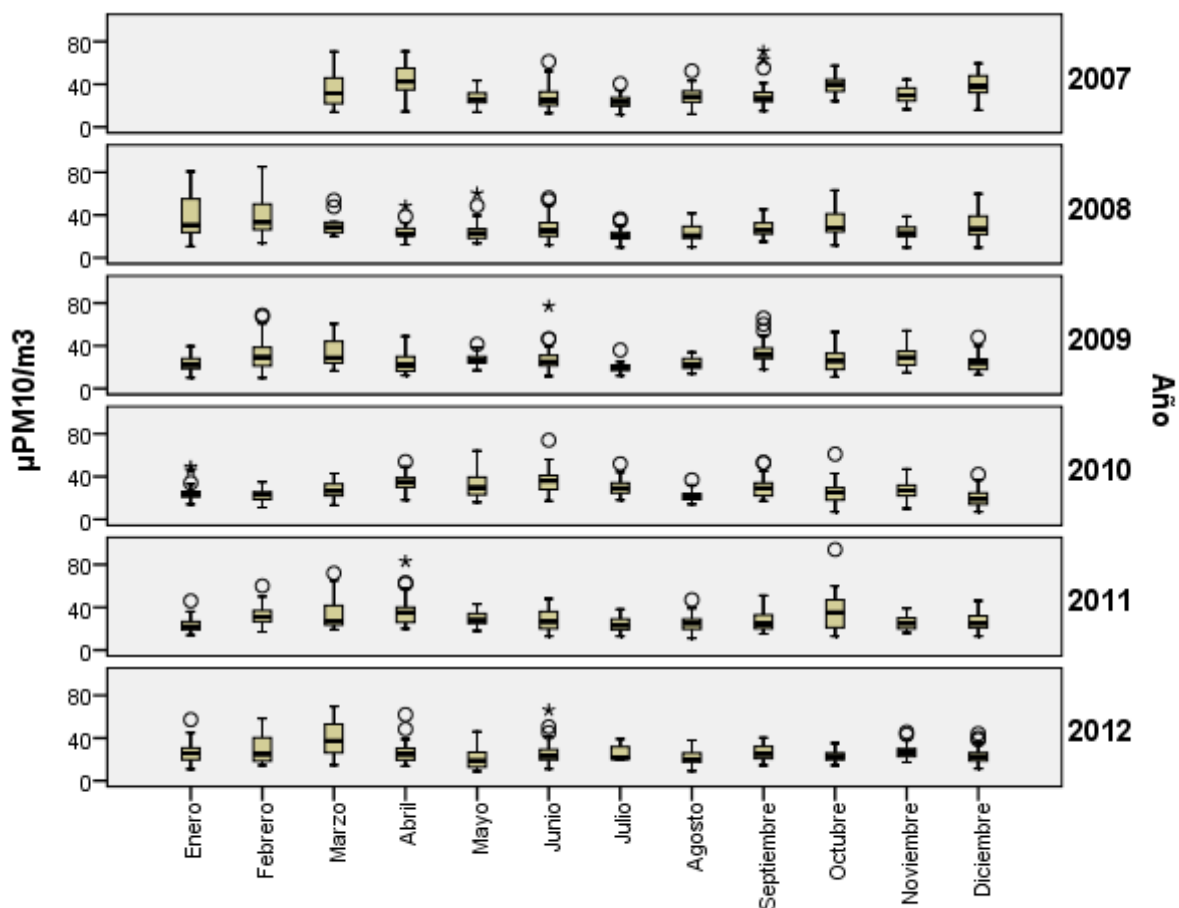


Figura 27. Diagramas de Box-Whisker del valor promedio 24 h (método gravimétrico) para los diferentes meses de muestreo desde el año 2007 a 2012.

También se puede observar la variabilidad dentro de cada estación y para cada año; debida en parte a las diferentes precipitaciones ocurridas en los cinco años de muestreo tal y como se representa en la figura 28.

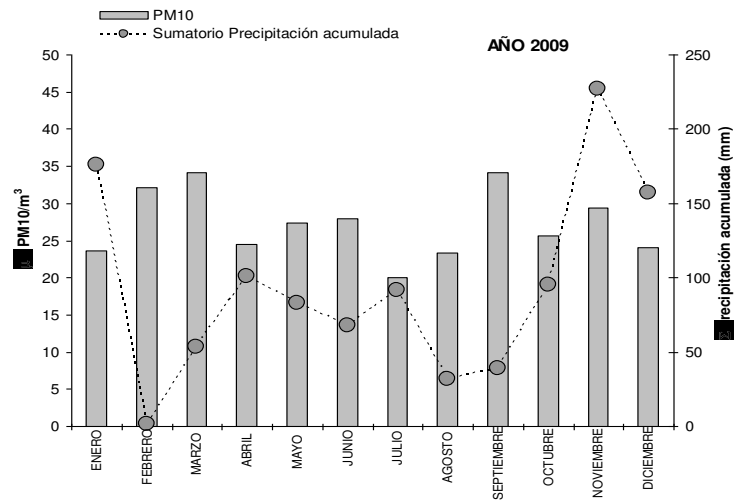
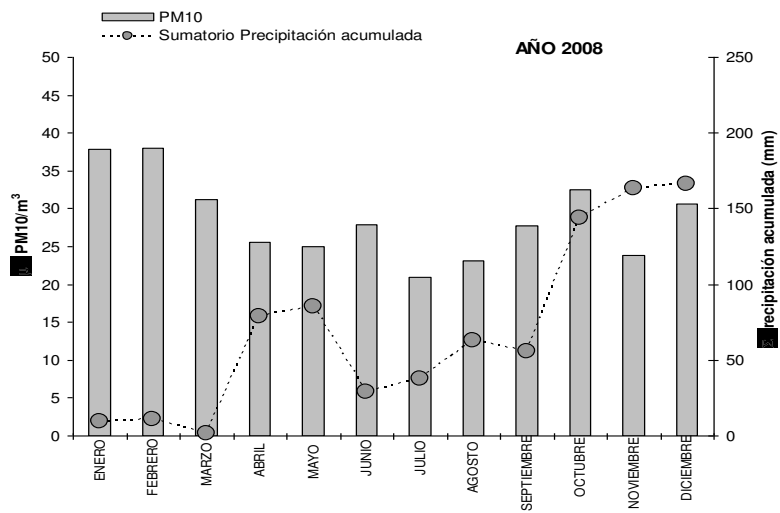
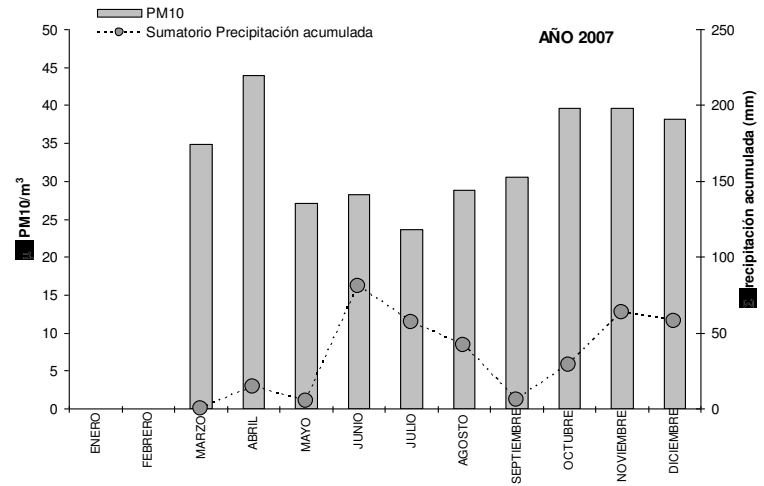


Figura 28. Niveles promedio mensuales de PM<sub>10</sub> y sumatorio de precipitación acumulada durante el período 2007-2012. (continúa)

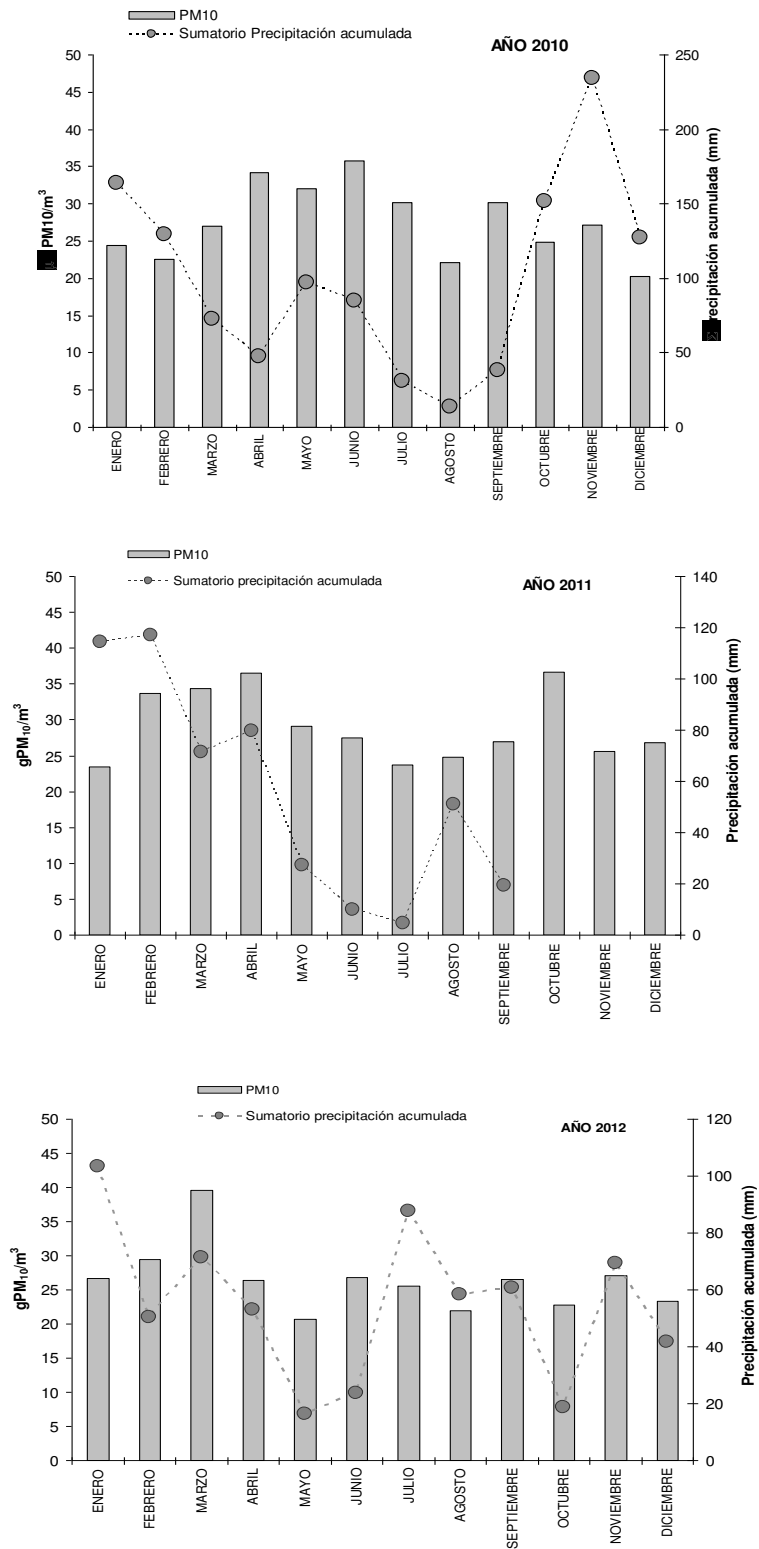


Figura 28. Niveles promedio mensuales de PM<sub>10</sub> y sumatorio de precipitación acumulada durante el período 2007-2012 (para el tercer trimestre del año 2011 no se disponen de datos de precipitación).

En la figura 29 se indica la distribución de los niveles de  $PM_{10}$  según el día de la semana en donde se observa que los niveles diarios aumentan ligeramente de lunes a viernes disminuyendo los fines de semana.



Figura 29. Diagramas de Box-Whisker del valor promedio 24 h (método gravimétrico) para los diferentes días de la semana desde el año 2007 a 2012.

## NIVELES DE PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> Y PM<sub>1</sub> SEGÚN ESPECTRÓMETRO LÁSER

Dado que a lo largo del año 2009 el espectrómetro láser estuvo fuera de servicio, a continuación se presenta la comparativa relativa a los años 2007-2008 y 2010-2012.

**Tabla XVI. Factor gravimétrico.**

Período	2007*	2008**	2010***	2011****	2012**
Primavera/verano	1,22	1,28	1,47	1,44	1,37
Otoño/invierno	1,31	1,22	1,43	1,46	1,38
<b>MEDIA ANUAL</b>	<b>1,27</b>	<b>1,25</b>	<b>1,45</b>	<b>1,45</b>	<b>1,38</b>

\* Año 2007

Primavera/verano (desde el 10 de mayo hasta el 30 de septiembre)

Otoño/invierno (desde el 1 de octubre hasta el 31 de diciembre)

\*\* Años 2008 y 2012

Primavera/verano (desde el 21 de marzo a 20 de septiembre)

Otoño/invierno (desde el 21 de septiembre hasta el 20 de marzo)

\*\*\* Año 2010

Primavera/verano (desde el 21 de marzo a 20 de septiembre)

Otoño/invierno (desde el 21 de septiembre hasta el 29 de octubre y desde 1 de febrero hasta el 20 de marzo)

\*\*\*\* Año 2011

Primavera/verano (desde el 21 de marzo a 20 de septiembre)

Otoño/invierno (desde el 21 de septiembre hasta el 30 de diciembre y desde 1 de febrero hasta el 20 de marzo)

**Tabla XVII. Resumen de los valores correspondientes a la fracción granulométrica PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) durante los años 2007, 2008, 2010 y 2011.**

	PM <sub>10</sub>				
	2007*	2008**	2010***	2011****	2012
Enero	-	30	-	-	20
Febrero	-	33	16	17	22
Marzo	-	22	19	19	28
Abril	-	20	22	25	15
Mayo	24	19	20	20	15
Junio	23	21	24	18	16
Julio	18	18	16	17	15
Agosto	22	19	13	17	-
Septiembre	24	21	18	17	18
Octubre	29	22	16	25	17
Noviembre	25	-	-	16	18
Diciembre	27	-	-	12	17
<b>Media Anual</b>	<b>24</b>	<b>22</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>18</b>

\* en el año 2007 se comenzó el muestreo el 10 de mayo.

\*\* en el año 2008 se ha muestreado hasta el 15 de octubre.

\*\*\* en el año 2010 el muestreo se realiza desde febrero a octubre.

\*\*\*\* en el año 2011 el muestreo se realiza desde febrero a diciembre.

Tabla XVIII. Resumen de los valores correspondientes a la fracción granulométrica PM<sub>2,5</sub> (µg/m<sup>3</sup>) durante los años 2007, 2008, 2010, 2011 y 2012.

	PM <sub>2,5</sub>				
	2007*	2008**	2010***	2011***	2012
Enero	-	22	-	-	17
Febrero	-	22	13	14	18
Marzo	-	16	15	15	22
Abril	-	15	18	17	13
Mayo	16	15	15	15	13
Junio	18	16	14	13	14
Julio	13	13	13	12	12
Agosto	16	14	11	13	-
Septiembre	18	16	15	13	15
Octubre	23	17	14	20	15
Noviembre	19	-	-	14	15
Diciembre	21	-	-	11	15
<b>Media Anual</b>	<b>18</b>	<b>17</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>15</b>

\* en el año 2007 se comenzó el muestreo el 10 de mayo.

\*\* en el año 2008 se ha muestreado hasta el 15 de octubre.

\*\*\* en el año 2010 el muestreo se realiza desde febrero a octubre.

\*\*\*\* en el año 2011 el muestreo se realiza desde febrero a diciembre.

Tabla XIX. Resumen de los valores correspondientes a la fracción granulométrica PM<sub>1</sub> (µg/m<sup>3</sup>) durante los años 2007, 2008, 2010, 2011 y 2012.

	PM <sub>1</sub>				
	2007*	2008**	2010***	2011***	2012
Enero	-	15	-	-	12
Febrero	-	16	9	11	14
Marzo	-	10	10	12	16
Abril	-	10	13	12	8
Mayo	10	11	10	10	8
Junio	12	11	13	8	10
Julio	9	8	8	8	8
Agosto	10	10	7	9	-
Septiembre	12	11	10	9	10
Octubre	17	11	10	15	11
Noviembre	14	-	-	10	10
Diciembre	18	-	-	8	10
<b>Media Anual</b>	<b>13</b>	<b>11</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>11</b>

\* en el año 2007 se comenzó el muestreo el 10 de mayo.

\*\* en el año 2008 se ha muestreado hasta el 15 de octubre.

\*\*\* en el año 2010 el muestreo se realiza desde febrero a octubre.

\*\*\*\* en el año 2011 el muestreo se realiza desde febrero a diciembre.

**Tabla XX. Valores de las ratios  $PM_{2,5}/PM_{10}$  entre las diferentes fracciones granulométricas durante los años 2007, 2008, 2010, 2011 y 2012.**

	$PM_{2,5}/PM_{10}$				
	2007*	2008**	2010***	2011***	2012
Enero	-	0,74	-	-	0,83
Febrero	-	0,68	0,80	0,85	0,85
Marzo	-	0,73	0,78	0,79	0,78
Abril	-	0,75	0,80	0,68	0,85
Mayo	0,69	0,81	0,77	0,76	0,85
Junio	0,74	0,76	0,78	0,75	0,85
Julio	0,75	0,71	0,85	0,74	0,81
Agosto	0,73	0,77	0,83	0,75	-
Septiembre	0,74	0,77	0,82	0,77	0,87
Octubre	0,79	0,76	0,86	0,78	0,90
Noviembre	0,78	-	-	0,85	0,83
Diciembre	0,79	-	-	0,93	0,86
<b>Media Anual</b>	<b>0,75</b>	<b>0,75</b>	<b>0,81</b>	<b>0,79</b>	<b>0,84</b>

\* en el año 2007 se comenzó el muestreo el 10 de mayo.

\*\* en el año 2008 se ha muestreado hasta el 15 de octubre.

\*\*\* en el año 2010 el muestreo se realiza desde febrero a octubre.

\*\*\*\* en el año 2011 el muestreo se realiza desde febrero a diciembre.

**Tabla XXI. Valores de las ratios  $PM_1/PM_{2,5}$  entre las diferentes fracciones granulométricas durante los años 2007, 2008, 2010, 2011 y 2012.**

	$PM_1/PM_{2,5}$				
	2007*	2008**	2010***	2011***	2012
Enero	-	0,69	-	-	0,73
Febrero	-	0,74	0,65	0,75	0,75
Marzo	-	0,61	0,66	0,70	0,75
Abril	-	0,65	0,70	0,72	0,65
Mayo	0,61	0,69	0,66	0,67	0,67
Junio	0,65	0,67	0,68	0,64	0,69
Julio	0,63	0,63	0,65	0,65	0,65
Agosto	0,63	0,66	0,63	0,66	-
Septiembre	0,67	0,70	0,67	0,66	0,68
Octubre	0,74	0,66	0,66	0,76	0,71
Noviembre	0,71	-	-	0,71	0,68
Diciembre	0,82	-	-	0,69	0,69
<b>Media Anual</b>	<b>0,69</b>	<b>0,67</b>	<b>0,66</b>	<b>0,69</b>	<b>0,70</b>

\* en el año 2007 se comenzó el muestreo el 10 de mayo.

\*\* en el año 2008 se ha muestreado hasta el 15 de octubre.

\*\*\* en el año 2010 el muestreo se realiza desde febrero a octubre.

\*\*\*\* en el año 2011 el muestreo se realiza desde febrero a diciembre.



**Tabla XXII. Valores de las ratios  $PM_1/PM_{10}$  entre las diferentes fracciones granulométricas durante los años 2007, 2008, 2010, 2011 y 2012.**

	$PM_1/PM_{10}$				
	2007*	2008**	2010***	2011***	2012
Enero	-	0,51	-	-	0,61
Febrero	-	0,50	0,52	0,63	0,64
Marzo	-	0,45	0,52	0,56	0,59
Abril	-	0,49	0,56	0,49	0,55
Mayo	0,42	0,56	0,50	0,51	0,56
Junio	0,49	0,51	0,53	0,48	0,59
Julio	0,48	0,45	0,55	0,48	0,53
Agosto	0,46	0,51	0,53	0,50	-
Septiembre	0,50	0,54	0,55	0,52	0,60
Octubre	0,59	0,50	0,57	0,59	0,64
Noviembre	0,56	-	-	0,60	0,56
Diciembre	0,65	-	-	0,64	0,60
<b>Media Anual</b>	<b>0,52</b>	<b>0,50</b>	<b>0,54</b>	<b>0,55</b>	<b>0,59</b>

\* en el año 2007 se comenzó el muestreo el 10 de mayo.

\*\* en el año 2008 se ha muestreado hasta el 15 de octubre.

\*\*\* en el año 2010 el muestreo se realiza desde febrero a octubre.

\*\*\*\* en el año 2011 el muestreo se realiza desde febrero a diciembre.

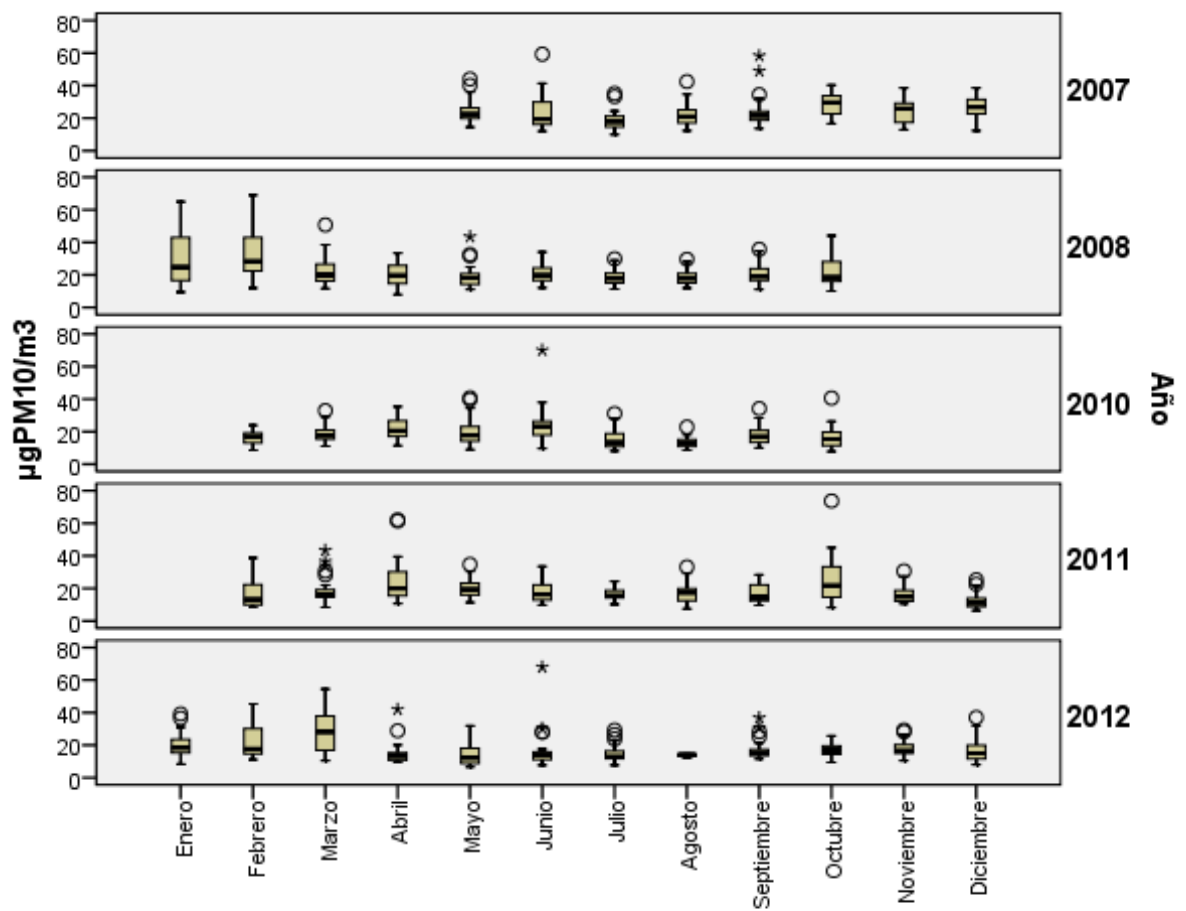


Figura 30. Diagramas de Box-Whisker para los niveles medios diarios de PM<sub>10</sub> (método automático) para los diferentes meses de muestreo durante los años 2007, 2008, 2010, 2011 y 2012.

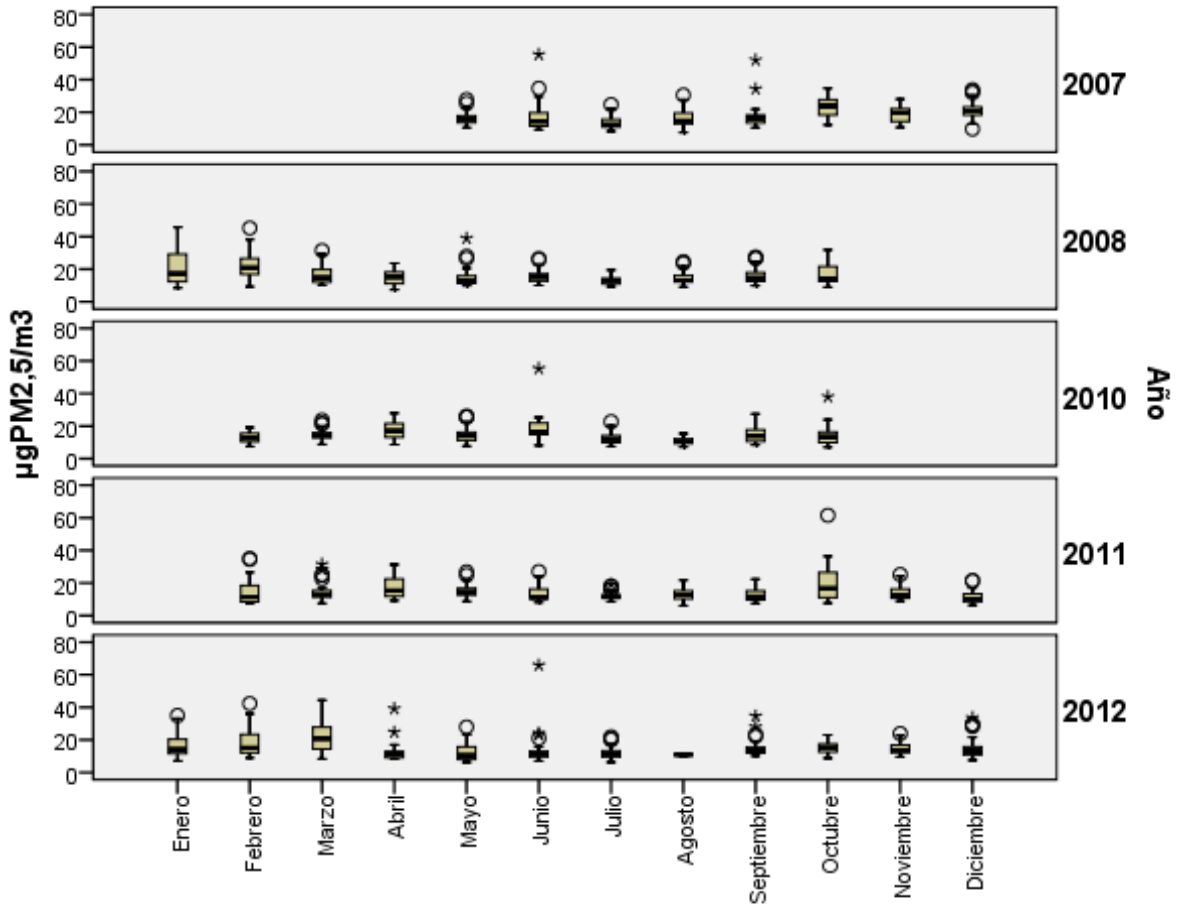


Figura 31. Diagramas de Box-Whisker para los niveles medios diarios de PM<sub>2.5</sub> (método automático) para los diferentes meses de muestreo durante los años 2007, 2008, 2010, 2011 y 2012.

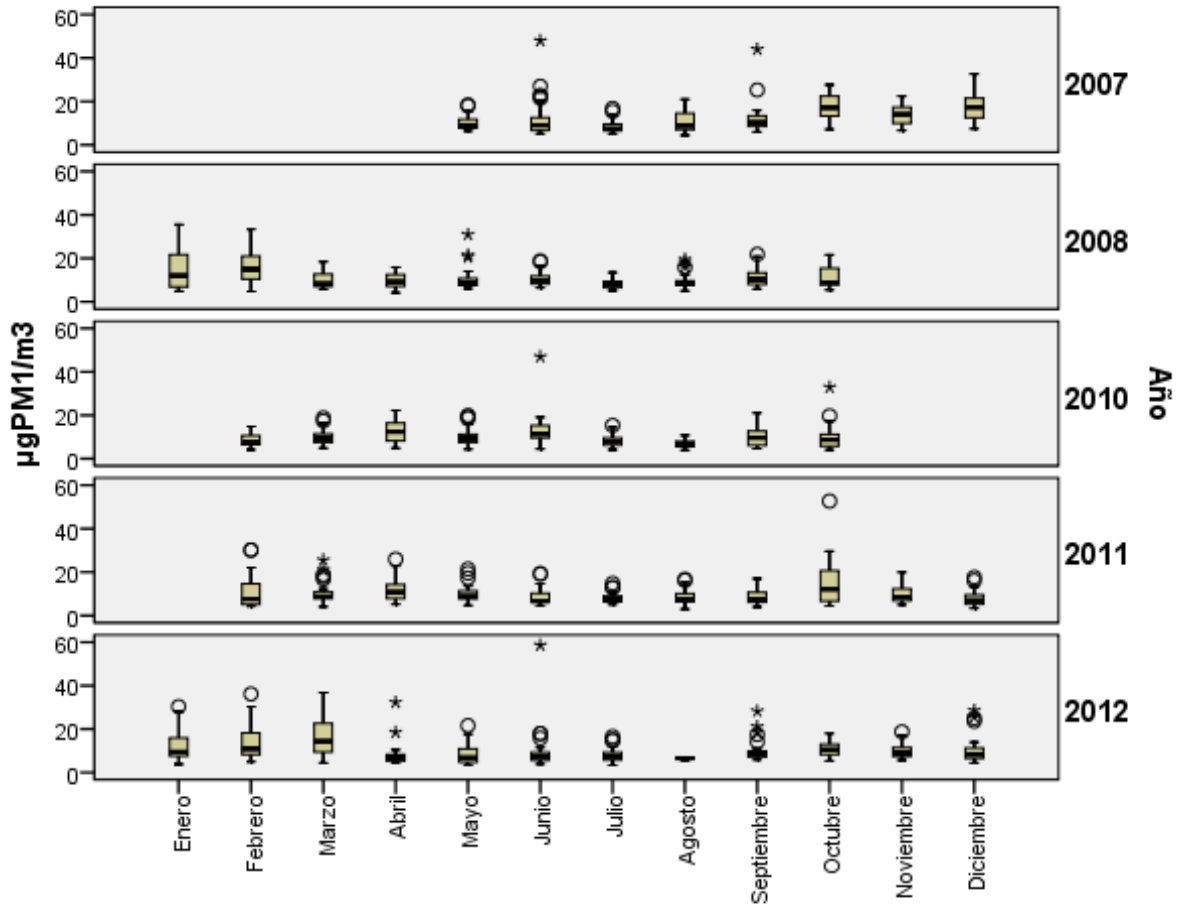


Figura 32. Diagramas de Box-Whisker para los niveles medios diarios de PM<sub>1</sub> (método automático) para los diferentes meses de muestreo durante los años 2007, 2008, 2010, 2011 y 2012.

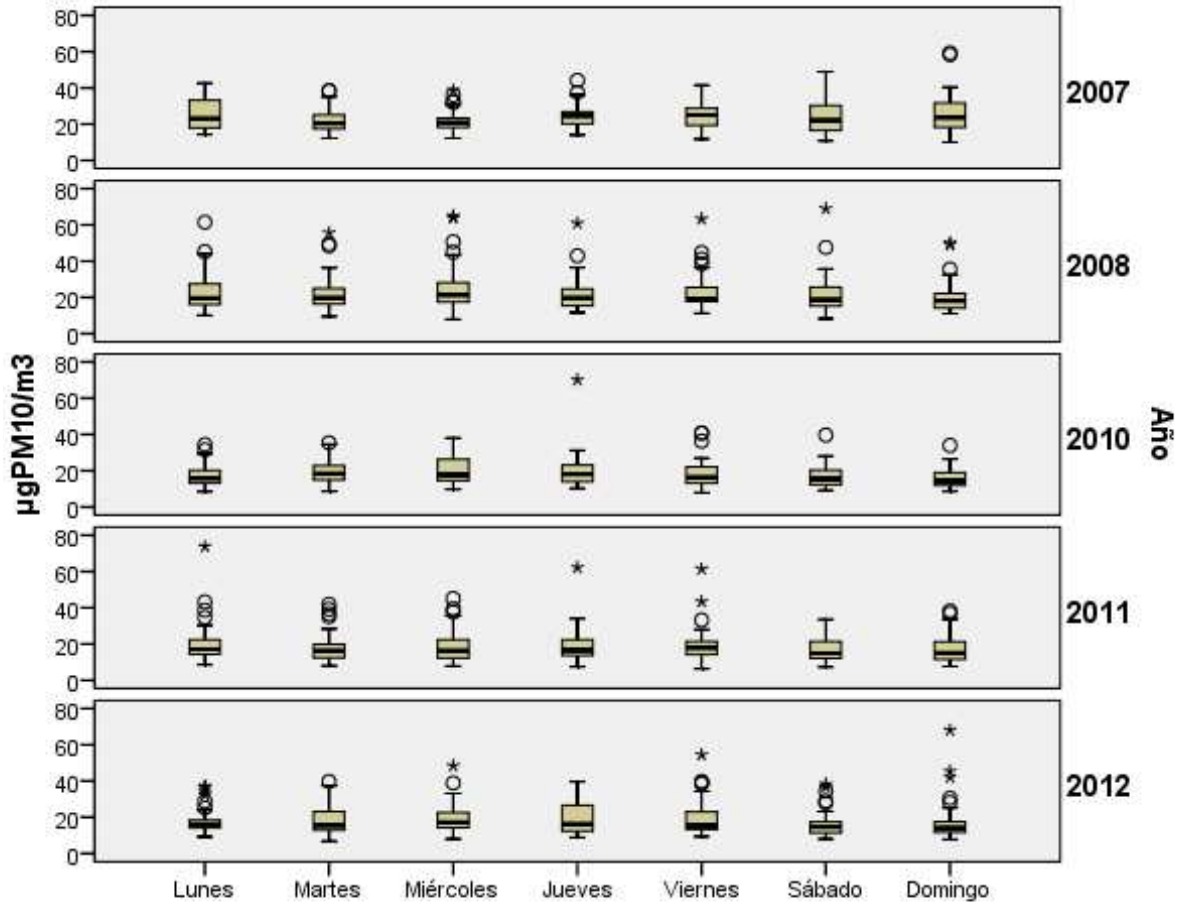


Figura 33. Diagramas de Box-Whisker de los niveles medios diarios (método automático) de PM<sub>10</sub> para los diferentes días de la semana durante los años 2007, 2008, 2010, 2011 y 2012.



Figura 34. Diagramas de Box-Whisker de los niveles medios diarios (método automático) de PM<sub>2.5</sub> para los diferentes días de la semana durante los años 2007, 2008, 2010, 2011 y 2012.

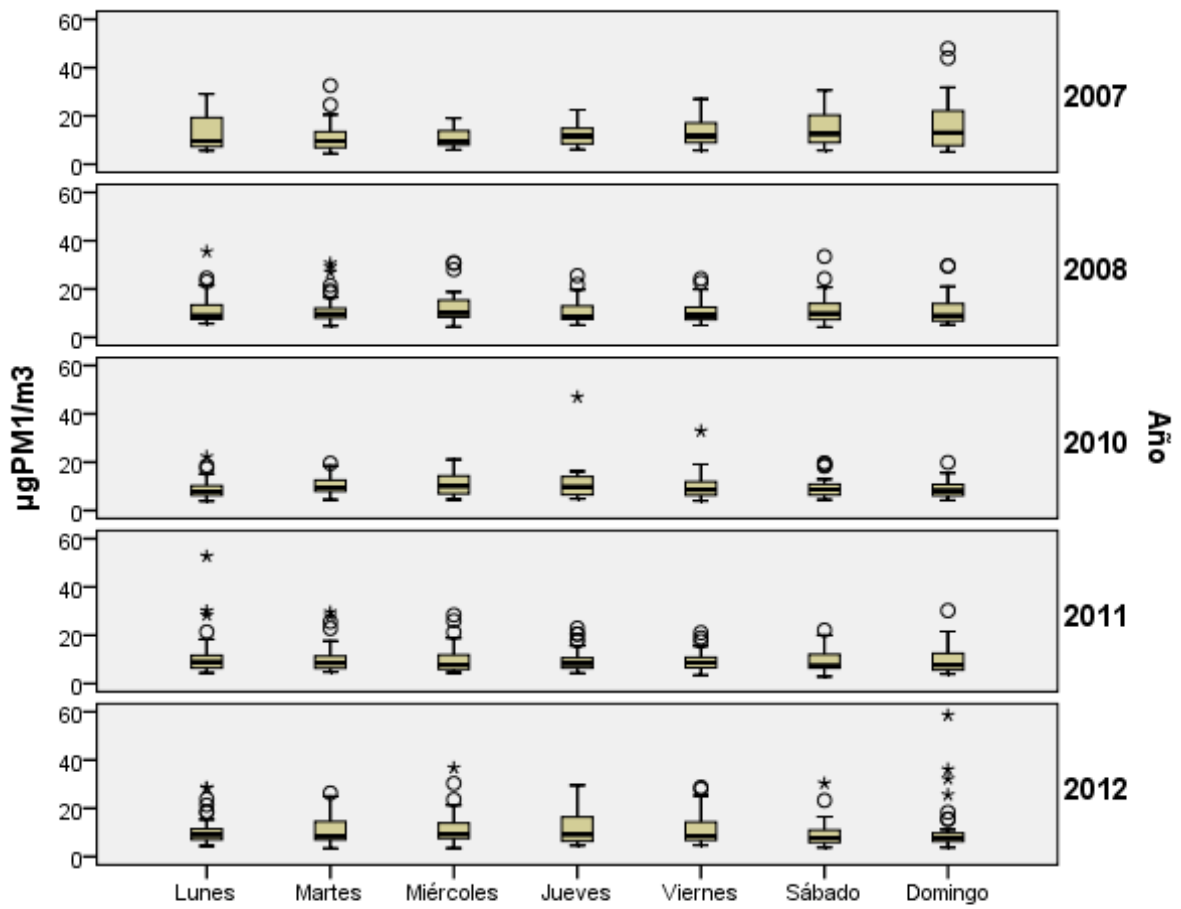


Figura 35. Diagramas de Box-Whisker de los niveles medios diarios (método automático) de  $PM_1$  para los diferentes días de la semana durante los años 2007, 2008, 2010, 2011 y 2012.

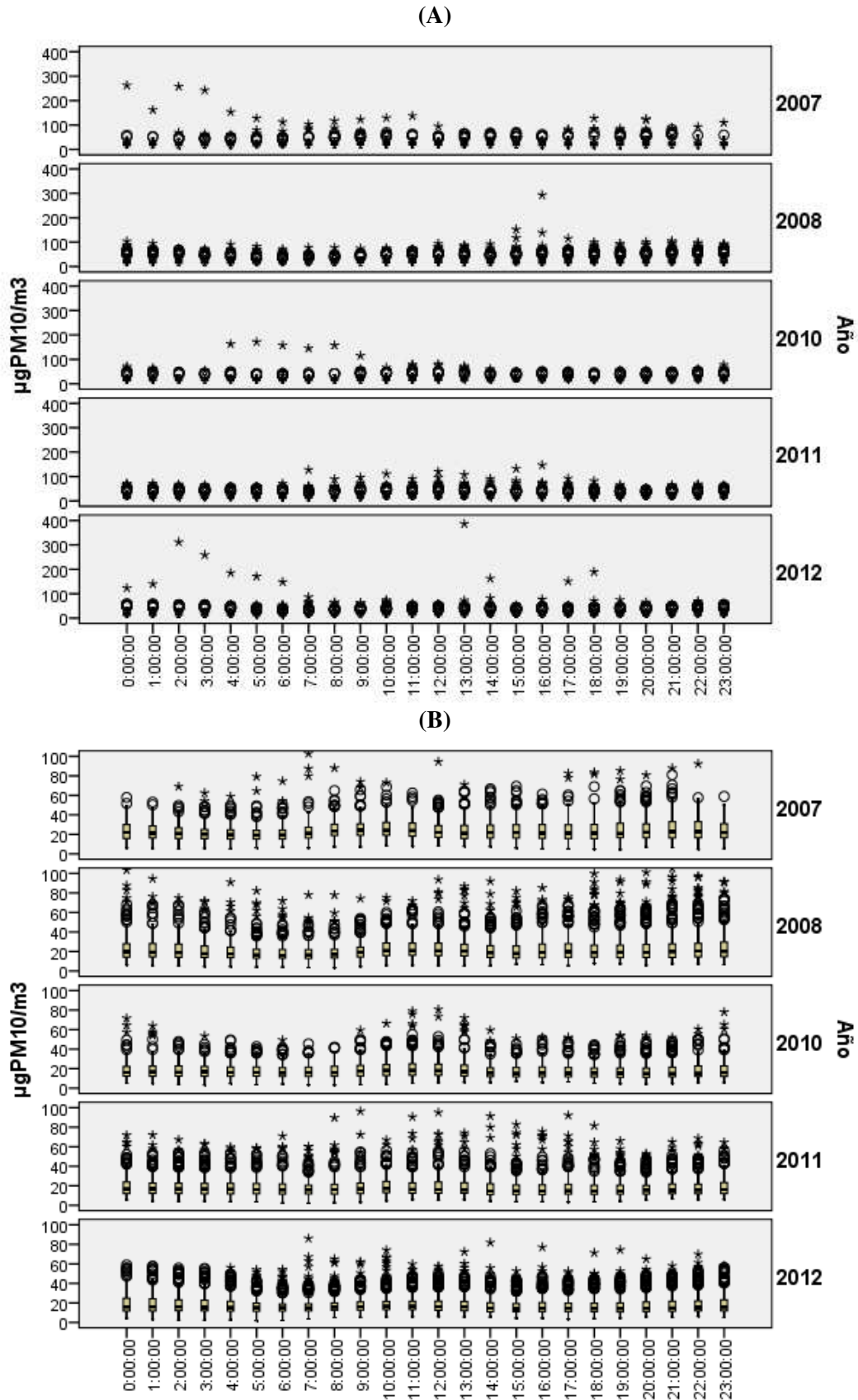


Figura 36. Diagramas de Box-Whisker de los niveles medios horarios (método automático) de  $PM_{10}$  durante los años 2007, 2008, 2010, 2011 y 2012. (A) Representación de todas las medidas (B) Eliminados de la representación los valores más altos.



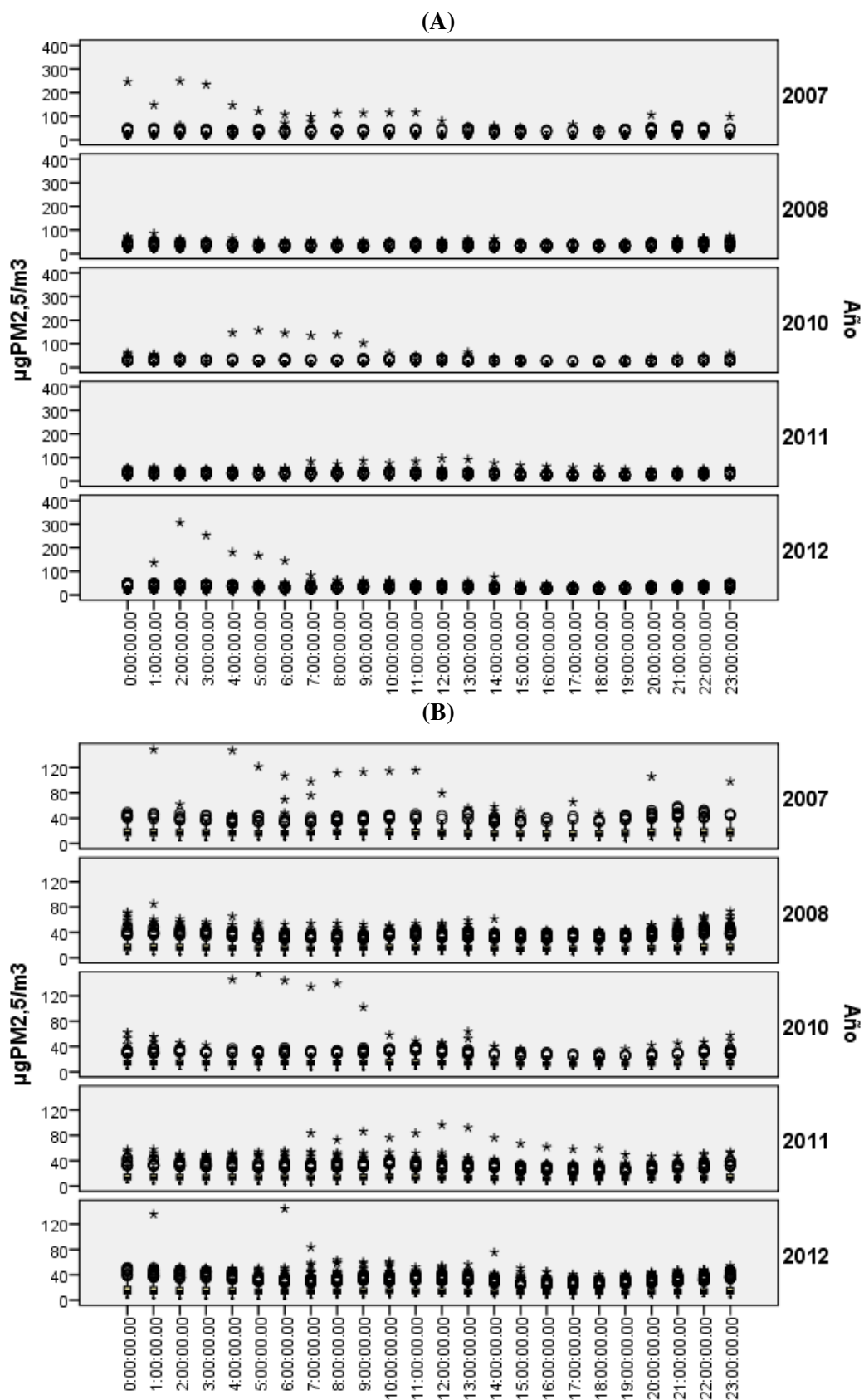


Figura 37. Diagramas de Box-Whisker de los niveles medios horarios (método automático) de  $PM_{2.5}$  durante los años 2007, 2008, 2010, 2011 y 2012. (A) Representación de todas las medidas (B) Eliminados de la representación los valores más altos.

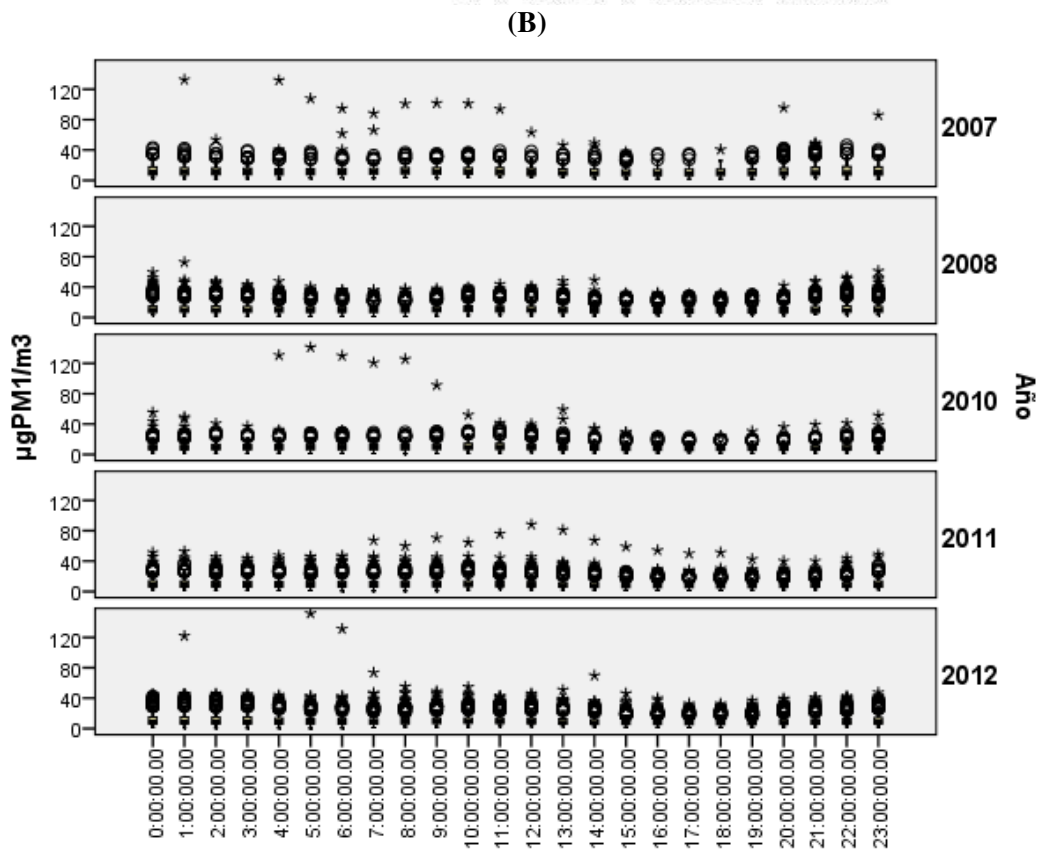
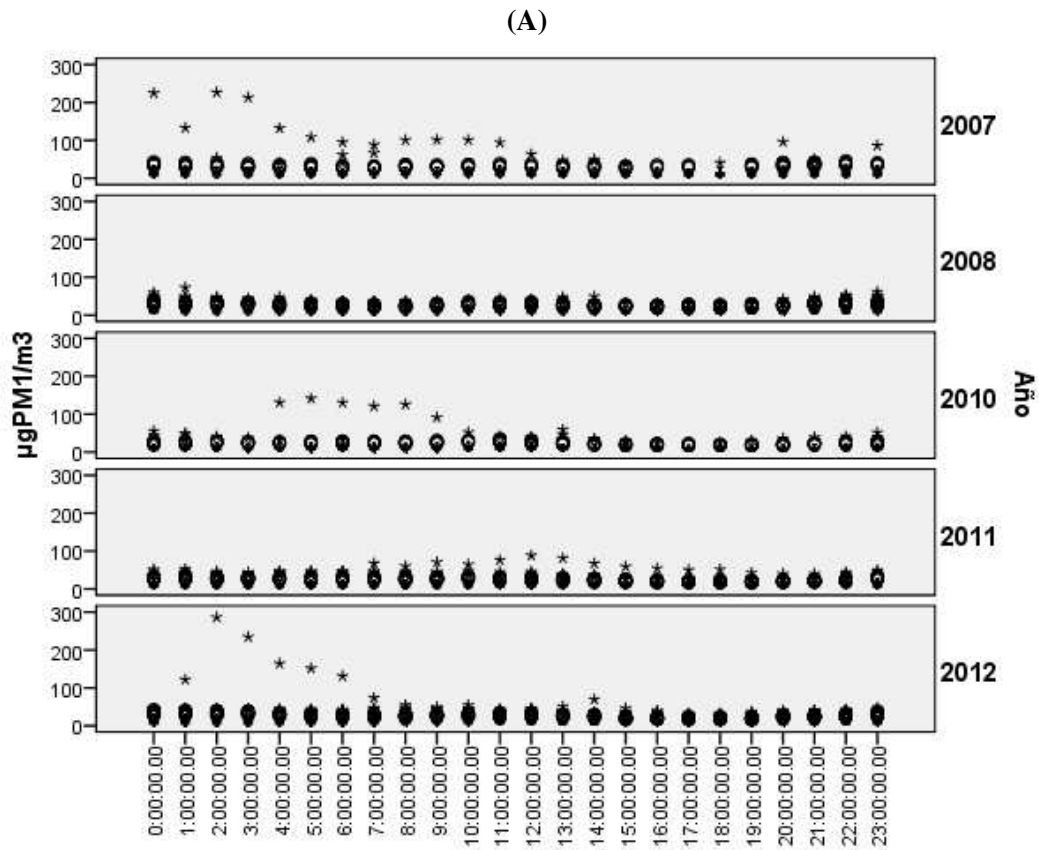


Figura 38. Diagramas de Box-Whisker de los niveles medios horarios (método automático) de  $PM_1$  durante los años 2007, 2008, 2010, 2011 y 2012. (A) Representación de todas las medidas (B) Eliminados de la representación los valores más altos.



## **ADDENDA AL INFORME FINAL 2012**

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

**“MEDIDA DOS NIVEIS DE PARTÍCULAS PM<sub>10</sub> 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

Universidade da 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 (IUUMA) de la Universidad de A Coruña (UDC) para la medida de los niveles de partículas PM<sub>10</sub> en la zona de Os Castros (A Coruña).

A efectos de cuantificar los aportes de polvo africano a los niveles diarios de PM<sub>10</sub> durante los episodios africanos se aplicó la metodología desarrollada conjuntamente entre el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino (MARM) de España y la Agência Portuguesa do Ambiente: “PROCEDIMIENTO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE EPISODIOS NATURALES DE PM<sub>10</sub> Y PM<sub>2,5</sub>, Y LA DEMOSTRACIÓN DE CAUSA EN LO REFERENTE A LAS SUPERACIONES DEL VALOR LÍMITE DIARIO DE PM<sub>10</sub>”.

Para aquellos días en que se supera el valor límite diario y en los que se haya identificado un episodio de aportes de partículas africanas se realiza la substracción de la carga neta diaria de polvo africano determinada en la estación de fondo regional correspondiente (la más próxima a la red, que para la zona Noroeste son Noia o O Saviñao), según las “Tablas de descuentos de PM 2012” (Datos propiedad de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental (DGCEA), del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino (MARM), suministrados como fruto del “Acuerdo de Encomienda de Gestión entre el MARM y la Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas para la realización de trabajos relacionados con el estudio y evaluación de la contaminación atmosférica por material particulado y metales en España”). Si el resultado de esta substracción es inferior al valor límite diario 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 PM<sub>10</sub> que superan el valor límite diario de 50 µg/m<sup>3</sup>, y la carga neta de polvo africano determinada en la estación de fondo regional de O Saviñao y el resultado de dicha substracción. Según esas tablas de descuentos, se señalan también los días en los que se produjeron incendios forestales.

	PM <sub>10</sub> (U) (µg/m <sup>3</sup> )	Carga neta polvo	Substracción
<b>ENERO 2012</b>			
Viernes 13	57 (4)		
<b>FEBRERO 2012</b>			
Viernes 24	53 (4)		
Sábado 25	49 (3)		
Domingo 26	58 (4)		
Miércoles 29	50 (3)		
<b>MARZO 2012</b>			
Jueves 1	54 (4)		
Viernes 9	70 (5)		
Sábado 10	56 (4)		
Martes 13	58 (4)		
Miércoles 14	69 (5)		
Jueves 15	53 (4)		
Viernes 16	51 (4)		
Lunes 26	52 (4)	16	36
Martes 27	60 (4)		
Miércoles 28	51 (4)		
Jueves 29	53 (4)		
Viernes 30	55 (4)		
Sábado 31	52 (4)		
<b>ABRIL 2012</b>			
Domingo 1	62 (4)		
Lunes 2	48 (3)		
<b>JUNIO 2012</b>			
Jueves 21	50 (4)		
Domingo 24	66 (5)		

U: Incertidumbre

Por lo tanto, del total de 22 muestras que superaban el límite del valor diario, 1 de estas superaciones (26 03 2013) se atribuye a aporte natural, con lo cual, durante el período de tiempo estudiado el número total de superaciones ha sido de 21.

Según las “Tablas de descuentos de PM 2012”, 18 de las 21 superaciones estarían afectadas por incendios forestales (pero estos eventos no han sido validados y solamente reflejan una interpretación subjetiva a partir de los modelos de aerosoles que se han consultado).