

INFORME FINAL 2020



CONTRATO MENOR (Expediente 541/2019/2416)

“MEDIDA NIVELES DE PARTÍCULAS ZONA CASTROS”

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

AUTORES:

Han intervenido:

Dña. María del Pilar Esperón Porto. Personal Técnico de Apoyo (PTA2018-016005-I).

Dra. María Fernández Amado. Personal Técnico de Apoyo (PTA2017-13607-I).

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:

- o 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.
- o Centro Meteorológico Territorial de Galicia de A Coruña (Agencia Estatal de Meteorología)
- o 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 resultado del Contrato Menor (expediente 541/2019/2416); MEDIDA NIVELES DE PARTÍCULAS ZONA CASTROS. Contratista FEUGA con NIF G15051667, realizado por el grupo de trabajo del IUMA-UDC.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....	5
METODOLOGÍA.....	7
Muestreo.....	7
Tratamiento de los filtros y medida gravimétrica.....	8
RESULTADOS.....	9
Marco Normativo.....	9
Niveles de PM ₁₀ según medida gravimétrica.....	10
CONCLUSIONES.....	29
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 PM ₁₀	31
II. Gráficas de los niveles de partículas PM ₁₀ para días laborables y fines de semana (método gravimétrico).....	32
III. Origen de las masas de aire.....	35
IV. Comparativa de los resultados para los años 2007-2019.....	37
Niveles de PM ₁₀ según medida gravimétrica.....	37
Niveles de PM ₁₀ , PM _{2,5} y PM ₁ según espectrómetro láser.....	54

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La calidad del aire es un tema relevante por su implicación en la salud humana, el medio ambiente y demás bienes de cualquier naturaleza^{1,2}. Además, la adaptación 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^{3,4}. A esta normativa se le une la Directiva 2008/50 relativa a la calidad de aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa⁵ que se incorporó al derecho interno las novedades de esta Directiva a través del Real Decreto 102/2011⁶ y de su modificación en el Real Decreto 39/2017⁷.

Para una continua vigilancia es necesario contar con una serie de sistemas que controlen los distintos parámetros. En la actualidad no se conocen todas las sustancias presentes en la atmósfera, cualquier actividad produce emisiones de sustancias a la misma y 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. que hacen 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, 2013)⁸.

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, quemadas de biomasa, entre otros...) que contribuyen a incrementar los niveles de particulado atmosférico en suspensión.

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

² 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.

³ 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.

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

⁵ 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).

⁶ Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire (B.O.E. 25 del 29/01/2011).

⁷ Real Decreto 39/2017, de 27 de enero, por el que se modifica el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la calidad del aire (B.O.E. 24 del 28/01/2017).

⁸ IPCC, 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth 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 ambiente⁵⁻⁷ son las partículas PM₁₀, que son 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 PM₁₀ de la norma UNE-EN 12341:2015⁹ para un diámetro aerodinámico de 10 µm 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 µm (PM_{2,5}). Tanto en la Directiva 2008/50 como en el Real Decreto 102/2011 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_{2,5} 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_{2,5} de la norma UNE-EN 12341:2015, para un diámetro aerodinámico de 2,5 µm con una eficiencia de corte del 50%.

Desde el 12/07/2013 el Instituto Universitario de Medio Ambiente está acreditado por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) para la realización de ensayos medioambientales: toma de muestra y determinación de PM₁₀. El alcance de la acreditación puede consultarse en el Anexo Técnico vigente en la página web de ENAC (<https://www.enac.es/documents/7020/a5c00c5d-9b05-4e37-8f46-a984c01be353?version=6.0>).

El presente informe final resume los resultados sobre los niveles diarios de partículas PM₁₀, desde enero a diciembre de 2020 según contrato de servicios de Medida de niveles de partículas zona Castros, realizado por el grupo de trabajo del IUMA-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:

- Evaluar los niveles de partículas en suspensión PM₁₀ realizando el estudio de la evolución temporal a lo largo del período de muestreo.
- Realizar una evaluación de la calidad de aire en el lugar de muestreo de acuerdo a la normativa vigente.
- Comparar los valores encontrados este año con los de años anteriores: período 2007-2020 (14 años continuados de medidas).

⁹ Norma UNE-EN 12341:2015 Aire ambiente: Método de medición gravimétrico normalizado para la determinación de la concentración másica PM₁₀ o PM_{2,5} 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 de PM_{10} desde el 1 de enero hasta el 10 de diciembre de 2020. El muestreo ha sido interrumpido desde el 27 de marzo al 25 de mayo como consecuencia del estado de alarma decretado por la pandemia de COVID19 y del 9 al 30 de julio y del 7 de septiembre al 2 de octubre para la calibración, del equipo, finalizando el muestreo el 10 de diciembre.



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-80¹⁰ (figura 2) que cumple los requisitos de la Norma UNE-EN 12341:2015¹¹ para el muestreo de PM_{10} . El caudal de aspiración durante el muestreo ha sido de 30 m³/h. El funcionamiento del equipo es el siguiente: el aire penetra por el cabezal de corte (PM_{10}) 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 quincenalmente y se comprueba que los equipos de muestreo funcionan correctamente.

¹⁰ Muestreador adquirido gracias a un Proyecto financiado por la Fundación ALCOA titulado “*Levels of PM_{10} in the City of a Coruña*” entre 2005-2006.

¹¹ Anexo B de la Norma UNE-EN 12341:2015. Aire ambiente. Método de medición gravimétrico normalizado para la determinación de la concentración másica PM_{10} o $PM_{2,5}$ de la materia particulada en suspensión.



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

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 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 se acondicionan, como mínimo 5 días, antes de la pesada en una sala de balanzas acondicionada a $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ de temperatura y entre 45% y 50% de humedad relativa⁹. 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. 31). El tratamiento de los filtros se realizó según la norma relativa⁹ a la medida de PM_{10} o $\text{PM}_{2.5}$, método de referencia según el Real Decreto 39/2017, de 27 de enero 2017. 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 0,1-0,2 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. Con dichos filtros se controla la repetibilidad y la precisión intermedia y sólo se realizan pesadas si estos filtros cumplen los criterios establecidos en la Norma UNE-EN 12341:2015⁹.

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 PM_{10} , se mantienen en la sala de balanzas durante un mínimo de 48 h antes de la primera pesada y después de al menos 24 h se realiza una segunda pesada. La masa del filtro PM_{10} se toma como la media de las dos medidas.

A continuación se crea una base de datos con los valores de PM_{10} referidos al volumen de muestreo ($\mu\text{g PM}_{10}/\text{m}^3$). 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 se establecen los valores indicados en la tabla I.

Tabla I. Valores límite (PM₁₀) en condiciones ambientales para la protección de la salud⁶.

	Período de promedio	Valor límite*	Margen de tolerancia**	Fecha de cumplimiento del valor límite
Valor límite diario	24 horas	50 µg/m ³ , 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 ³	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 los que el cumplimiento de los valores límite puede ser descontado cuando los valores límite son sobrepasados por las aportaciones de fuentes naturales, es decir: las emisiones de contaminantes no causadas directa ni indirectamente por actividades humanas, que incluyen *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_{2,5}, tal y como se ha comentado en la introducción de este informe, se establecen valores para estas partículas finas, tal y como se recoge en la tabla II.

Tabla II. Valores objetivo y límite de las partículas (PM_{2,5}) en condiciones ambientales para la protección de la salud⁶.

	Período de promedio	Valor	Margen de tolerancia	Fecha de cumplimiento del valor límite
Valor objetivo*	1 año civil	25 µg/m ³	-	En vigor desde el 1 de enero de 2015
Valor límite** (fase II)	1 año civil	20 µg/m ³	-	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.

Además, en el Real Decreto 102/2011 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 III. Umbrales de evaluación superior e inferior para PM₁₀ y PM_{2,5}.

	Media diaria PM₁₀	Media anual PM₁₀	Media anual PM_{2,5} (1)
Umbral superior de evaluación*	70% del valor límite (35 µg/m ³ que no podrán superarse en más de 35 ocasiones por año civil)	70% del valor límite (28 µg/m ³)	70% del valor límite (17 µg/m ³)
Umbral inferior de evaluación**	50% del valor límite (25 µg/m ³ que no podrán superarse en más de 35 ocasiones por año civil)	50% del valor límite (20 µg/m ³)	50% del valor límite (12 µg/m ³)

**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_{2,5} no se aplica a las mediciones para evaluar el cumplimiento del objetivo de reducción de la exposición a las PM_{2,5} para la protección de la salud humana.

En relación con la media diaria de PM₁₀, en los últimos 5 años (2016-2020) sí se superan las 35 ocasiones por año civil (promedio de 71 muestras/año *vs* 35 ocasiones/año) del UEI (25 µg/m³), sin superar el UES de 35 µg/m³ (promedio de 14 muestras/año *vs* 35 ocasiones/año) lo que implica que se puede utilizar una combinación de medidas fijas y técnicas de modelización y/o mediciones indicativas para evaluar la calidad del aire ambiente. En relación con la media anual de PM₁₀, en los últimos 5 años se iguala el valor del UEI (20 µg/m³) sin superar el UES (28 µg/m³).

NIVELES DE PM₁₀ SEGÚN MEDIDA GRAVIMÉTRICA

La concentración media anual de PM₁₀ obtenida en el punto de muestreo objeto de estudio es de 21 µg/m³. Valor que cumple con los requerimientos de la normativa al estar por debajo del valor límite promedio anual de 40 µg/m³.

En la tabla IV se indica un resumen de los resultados obtenidos observando que, en relación con el año anterior:

- se mantiene el mismo valor promedio anual y el mismo número de superaciones del valor límite diario de 50 µg/m³ (4 *vs* 4),
- ha disminuido tanto el número de días con niveles por encima del UEI (68 *vs* 84) como el número de días por encima del UES (15 *vs* 24).

En el 2020 el porcentaje de datos válidos ha sido del 65%, inferior al 89% obtenido el año anterior, y muy alejado del mínimo indicado en la normativa (90%). Consecuencia de las interrupciones en el muestreo por el estado de alarma decretado por la pandemia y a la calibración del equipo. Este año se produce un valor máximo de 119 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (muy superior a los 61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ alcanzados el año pasado) que se produce en el último trimestre (mes de octubre) seguido de febrero con un valor de 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. El mínimo de 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ se produce en los meses de octubre y noviembre.

Tabla IV. Resumen de los niveles de PM₁₀ en las muestras recogidas durante el año 2020.

Nº muestras recogidas	237
Cobertura temporal (relativa al año civil)	65%
VALOR MÁXIMO PROMEDIO DIARIO de PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	119
VALOR MÍNIMO PROMEDIO DIARIO de PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	5
Nº SUPERACIONES del valor límite diario de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	4
VALOR MEDIO ANUAL de PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	21

La tabla V y la figura 3 recogen los niveles medios mensuales de PM₁₀ que oscilan entre 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de los meses de junio, julio y agosto, y los 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de los meses de febrero y marzo, seguido de los 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ del mes de mayo. Los valores máximos diarios se producen en el mes de octubre con 119 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ seguido de febrero y enero con 80 y 67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente, disminuyendo hasta los 27-28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en los meses de junio, julio y septiembre. En cuanto a los valores mínimos oscilan entre los 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de los meses de octubre, y noviembre y los 15-21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de los meses de marzo y mayo. Durante este año se han producido 4 superaciones del valor límite diario en los meses de enero, febrero y octubre con 1, 2 y 1 superaciones, respectivamente.

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

	Media	Mínimo	Máximo	nº superaciones
	(μg/m ³)			
Enero	25	6	67	1
Febrero	27	6	80	2
Marzo	27	15	42	0
Abril	-	-	-	-
Mayo (*)	26	21	32	0
Junio	15	7	28	0
Julio (*)	15	7	28	0
Agosto	15	8	30	0
Septiembre (*)	17	13	27	0
Octubre	20	5	119	1
Noviembre	23	5	44	0
Diciembre (*)	20	13	29	0

(*) en mayo, julio, septiembre y diciembre los días de muestreo han sido 6, 9, 6 y 10 días, respectivamente.

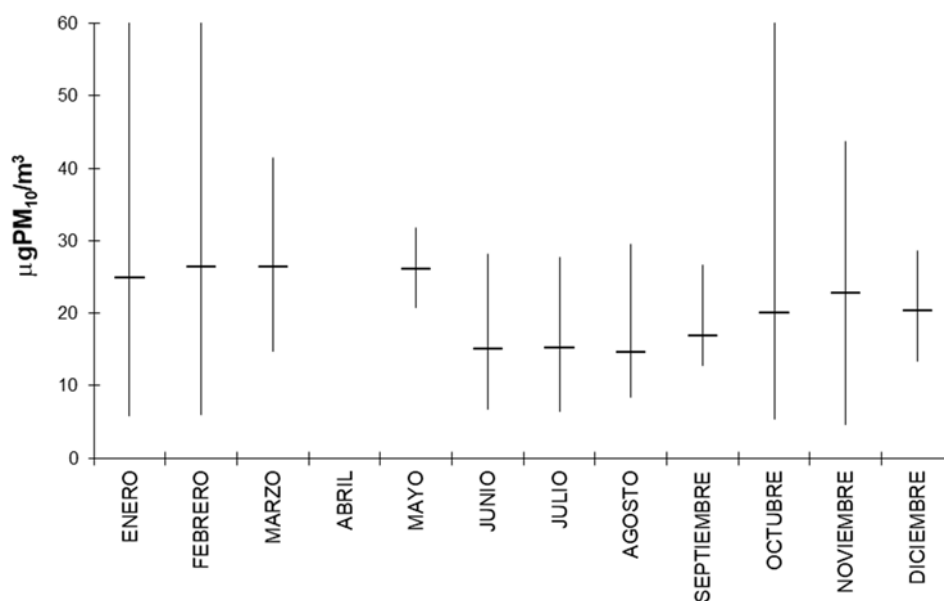
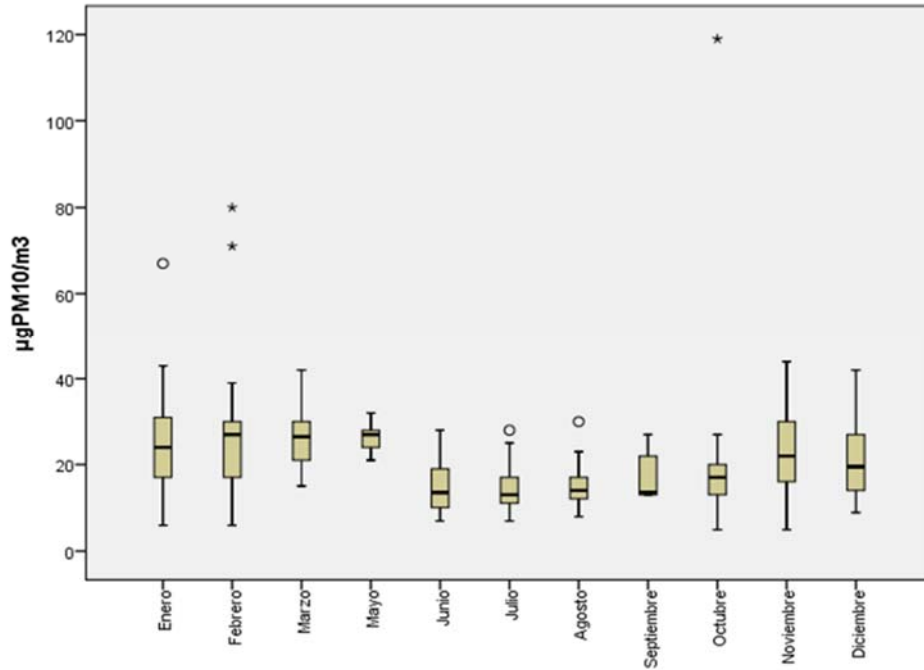


Figura 3. Variación mensual del valor medio y del rango de concentración de PM₁₀.
(abril sin muestreo y en mayo, julio, septiembre y diciembre los días de muestreo han sido 6, 9, 6 y 10 días, respectivamente).

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 4 se muestran los gráficos para el total de muestras distribuidas por mes de muestreo.

La tendencia estacional de la concentración de PM₁₀ en el punto de muestreo refleja una variación estacional con los valores más bajos en el verano.



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

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

Figura 4. Diagramas de Box-Whisker del valor promedio 24 h (método gravimétrico) para los diferentes meses de muestreo (abril sin muestreo y en mayo, julio, septiembre y diciembre los días de muestreo han sido 6, 9, 6 y 10 días, respectivamente).

En la tabla VI se muestran los valores promedio diarios de PM₁₀ para todos los meses del año. Un 3,8% de los días superan los 40 µg/m³, un 11,8% superan los 30 µg/m³ y un 44,7% superan los 20 µg/m³.

En relación con los valores de UES y UEI de la media diaria, indicar que un 6,3% de las muestras (15 días) superan el UES de 35 µg/m³ y un 28,7% (68 días) superan el UEI de 25 µg/m³. Se han superado las 35 ocasiones como máximo permitidas durante un año civil de superación del UEI (25 µg/m³) para la media diaria de PM₁₀, pero no las del UES (35 µg/m³).

El valor medio anual de PM₁₀ obtenido de 21 µg PM₁₀/m³ es similar al UEI calculado como media anual de PM₁₀ (20 µg/m³ = 50% del VL) (tabla III, página 10).

Tabla VI. Niveles promedio diarios de PM₁₀ e incertidumbre asociada expresados en µg/m³.

ENERO 2020	PM ₁₀ (µg/m ³)	U(*) (µg/m ³)	FEBRERO 2020	PM ₁₀ (µg/m ³)	U(*) (µg/m ³)	MARZO 2020	PM ₁₀ (µg/m ³)	U(*) (µg/m ³)
Miércoles 1	24	2	Sábado 1	6	1	Domingo 1	22	1
Jueves 2	35	2	Domingo 2	16	1	Lunes 2	21	1
Viernes 3	30	2	Lunes 3	19	1	Martes 3	26	2
Sábado 4	67	4	Martes 4	28	2	Miércoles 4	15	1
Domingo 5	24	2	Miércoles 5	21	1	Jueves 5	21	1
Lunes 6	25	2	Jueves 6	24	2	Viernes 6	29	2
Martes 7	26	2	Viernes 7	30	2	Sábado 7	28	2
Miércoles 8	16	1	Sábado 8	27	2	Domingo 8	21	1
Jueves 9	27	2	Domingo 9	8	1	Lunes 9	37	2
Viernes 10	41	2	Lunes 10	28	2	Martes 10	18	1
Sábado 11	32	2	Martes 11	35	2	Miércoles 11	15	1
Domingo 12	28	2	Miércoles 12	29	2	Jueves 12	29	2
Lunes 13	18	1	Jueves 13	30	2	Viernes 13	27	2
Martes 14	14	1	Viernes 14	17	1	Sábado 14	26	2
Miércoles 15	26	2	Sábado 15	9	1	Domingo 15	17	1
Jueves 16	13	1	Domingo 16	7	1	Lunes 16	24	2
Viernes 17	20	1	Lunes 17	31	2	Martes 17	22	1
Sábado 18	20	1	Martes 18	28	2	Miércoles 18	29	2
Domingo 19	25	2	Miércoles 19	27	2	Jueves 19	30	2
Lunes 20	23	2	Jueves 20	19	1	Viernes 20	33	2
Martes 21	16	1	Viernes 21	35	2	Sábado 21	30	2
Miércoles 22	23	2	Sábado 22	39	2	Domingo 22	42	2
Jueves 23	35	2	Domingo 23	29	2	Lunes 23	22	1
Viernes 24	43	3	Lunes 24	25	2	Martes 24	40	2
Sábado 25	36	2	Martes 25	15	1	Miércoles 25	34	2
Domingo 26	19	1	Miércoles 26	22	2	Jueves 26	35	2
Lunes 27	11	1	Jueves 27	80	4	Viernes 27	sin datos, estado de alarma pandemia COVID 19	
Martes 28	34	2	Viernes 28	71	4	Sábado 28		
Miércoles 29	12	1	Sábado 29	16	1	Domingo 29		
Jueves 30	10	1				Lunes 30		
Viernes 31	6	1				Martes 31		

(*) U: incertidumbre

(continúa)

Tabla VI. Niveles promedio diarios de PM₁₀ e incertidumbre asociada expresados en µg/m³.
(continuación).

ABRIL 2020	PM ₁₀ (µg/m ³)	U ^(*) (µg/m ³)	MAYO 2020	PM ₁₀ (µg/m ³)	U ^(*) (µg/m ³)	JUNIO 2020	PM ₁₀ (µg/m ³)	U ^(*) (µg/m ³)
Miércoles 1	sin datos, estado de alarma pandemia COVID 19		Viernes 1	sin datos, estado de alarma pandemia COVID 19		Lunes 1	26	2
Jueves 2			Sábado 2			Martes 2	28	2
Viernes 3			Domingo 3			Miércoles 3	26	2
Sábado 4			Lunes 4			Jueves 4	22	1
Domingo 5			Martes 5			Viernes 5	17	1
Lunes 6			Miércoles 6			Sábado 6	9	1
Martes 7			Jueves 7			Domingo 7	13	1
Miércoles 8			Viernes 8			Lunes 8	15	1
Jueves 9			Sábado 9			Martes 9	15	1
Viernes 10			Domingo 10			Miércoles 10	12	1
Sábado 11			Lunes 11			Jueves 11	18	1
Domingo 12			Martes 12			Viernes 12	19	1
Lunes 13			Miércoles 13			Sábado 13	17	1
Martes 14			Jueves 14			Domingo 14	12	1
Miércoles 15			Viernes 15			Lunes 15	10	1
Jueves 16			Sábado 16			Martes 16	9	1
Viernes 17			Domingo 17			Miércoles 17	9	1
Sábado 18			Lunes 18			Jueves 18	12	1
Domingo 19			Martes 19			Viernes 19	13	1
Lunes 20			Miércoles 20			Sábado 20	12	1
Martes 21			Jueves 21			Domingo 21	10	1
Miércoles 22			Viernes 22			Lunes 22	26	2
Jueves 23			Sábado 23			Martes 23	21	1
Viernes 24			Domingo 24			Miércoles 24	17	1
Sábado 25			Lunes 25			Jueves 25	19	1
Domingo 26			Martes 26			Viernes 26	8	1
Lunes 27			Miércoles 27			Sábado 27	7	1
Martes 28			Jueves 28			Domingo 28	7	1
Miércoles 29			Viernes 29			Lunes 29	12	1
Jueves 30			Sábado 30			Martes 30	14	1
			Domingo 31	24	2			

(*) U: incertidumbre

(continúa)

Tabla VI. Niveles promedio diarios de PM₁₀ e incertidumbre asociada expresados en µg/m³.
(continuación).

JULIO 2020	PM ₁₀ (µg/m ³)	U ^(*) (µg/m ³)	AGOSTO 2020	PM ₁₀ (µg/m ³)	U ^(*) (µg/m ³)	SEPTIEMBRE 2020	PM ₁₀ (µg/m ³)	U ^(*) (µg/m ³)
Miércoles 1	11	1	Sábado 1	12	1	Martes 1	14	1
Jueves 2	13	1	Domingo 2	17	1	Miércoles 2	13	1
Viernes 3	13	1	Lunes 3	11	1	Jueves 3	22	1
Sábado 4	10	1	Martes 4	12	1	Viernes 4	27	2
Domingo 5	7	1	Miércoles 5	13	1	Sábado 5	13	1
Lunes 6	14	1	Jueves 6	16	1	Domingo 6	13	1
Martes 7	25	2	Viernes 7	12	1	Lunes 7		
Miércoles 8	28	2	Sábado 8	17	1	Martes 8		
Jueves 9			Domingo 9	17	1	Miércoles 9		
Viernes 10			Lunes 10	30	2	Jueves 10		
Sábado 11			Martes 11	22	1	Viernes 11		
Domingo 12			Miércoles 12	14	1	Sábado 12		
Lunes 13			Jueves 13	12	1	Domingo 13		
Martes 14			Viernes 14	12	1	Lunes 14		
Miércoles 15			Sábado 15	11	1	Martes 15		
Jueves 16			Domingo 16	8	1	Miércoles 16		
Viernes 17			Lunes 17	9	1	Jueves 17		
Sábado 18			Martes 18	12	1	Viernes 18		
Domingo 19			Miércoles 19	11	1	Sábado 19		
Lunes 20			Jueves 20	16	1	Domingo 20		
Martes 21			Viernes 21	23	1	Lunes 21		
Miércoles 22			Sábado 22	18	1	Martes 22		
Jueves 23			Domingo 23	17	1	Miércoles 23		
Viernes 24			Lunes 24	19	1	Jueves 24		
Sábado 25			Martes 25	12	1	Viernes 25		
Domingo 26			Miércoles 26	9	1	Sábado 26		
Lunes 27			Jueves 27	11	1	Domingo 27		
Martes 28			Viernes 28	16	1	Lunes 28		
Miércoles 29			Sábado 29	19	1	Martes 29		
Jueves 30			Domingo 30	14	1	Miércoles 30		
Viernes 31	17	1	Lunes 31	15	1			

calibración del
equipo

calibración del
equipo

(*) U: incertidumbre

(continúa)

Tabla VI. Niveles promedio diarios de PM₁₀ e incertidumbre asociada expresados en µg/m³.
(continuación).

OCTUBRE 2020	PM ₁₀ (µg/m ³)	U ^(*) (µg/m ³)	NOVIEMBRE 2020	PM ₁₀ (µg/m ³)	U ^(*) (µg/m ³)	DICIEMBRE 2020	PM ₁₀ (µg/m ³)	U ^(*) (µg/m ³)
Jueves 1	Calibración equipo		Domingo 1	5	1	Martes 1	24	1
Viernes 2			Lunes 2	21	1	Miércoles 2	24	2
Sábado 3	24	2	Martes 3	30	2	Jueves 3	21	1
Domingo 4	27	2	Miércoles 4	16	1	Viernes 4	20	1
Lunes 5	19	1	Jueves 5	24	1	Sábado 5	29	2
Martes 6	12	1	Viernes 6	16	1	Domingo 6	17	1
Miércoles 7	25	2	Sábado 7	10	1	Lunes 7	25	2
Jueves 8	119	6	Domingo 8	11	1	Martes 8	19	1
Viernes 9	20	1	Lunes 9	17	1	Miércoles 9	13	1
Sábado 10	16	1	Martes 10	20	1	Jueves 10	14	1
Domingo 11	19	1	Miércoles 11	12	1	Viernes 11	finaliza el muestreo	
Lunes 12	15	1	Jueves 12	16	1	Sábado 12		
Martes 13	18	1	Viernes 13	26	2	Domingo 13		
Miércoles 14	19	1	Sábado 14	15	1	Lunes 14		
Jueves 15	20	1	Domingo 15	22	1	Martes 15		
Viernes 16	17	1	Lunes 16	44	2	Miércoles 16		
Sábado 17	15	1	Martes 17	23	1	Jueves 17		
Domingo 18	19	1	Miércoles 18	10	1	Viernes 18		
Lunes 19	20	1	Jueves 19	20	1	Sábado 19		
Martes 20	13	1	Viernes 20	22	1	Domingo 20		
Miércoles 21	13	1	Sábado 21	30	2	Lunes 21		
Jueves 22	12	1	Domingo 22	32	2	Martes 22		
Viernes 23	13	1	Lunes 23	42	2	Miércoles 23		
Sábado 24	6	1	Martes 24	29	2	Jueves 24		
Domingo 25	13	1	Miércoles 25	17	1	Viernes 25		
Lunes 26	15	1	Jueves 26	37	2	Sábado 26		
Martes 27	12	1	Viernes 27	35	2	Domingo 27		
Miércoles 28	21	1	Sábado 28	24	1	Lunes 28		
Jueves 29	18	1	Domingo 29	36	2	Martes 29		
Viernes 30	15	1	Lunes 30	28	2	Miércoles 30		
Sábado 31	5	1				Jueves 31		

(*) 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 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.

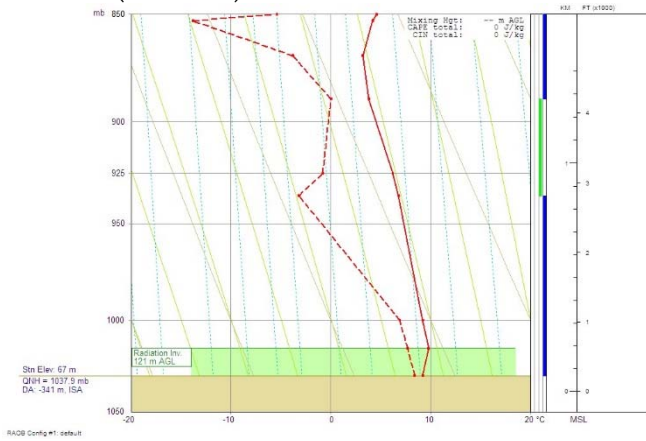
En la figura 5 se presentan los perfiles de temperatura de la atmósfera de algunos días representativos con niveles altos de partículas.

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).

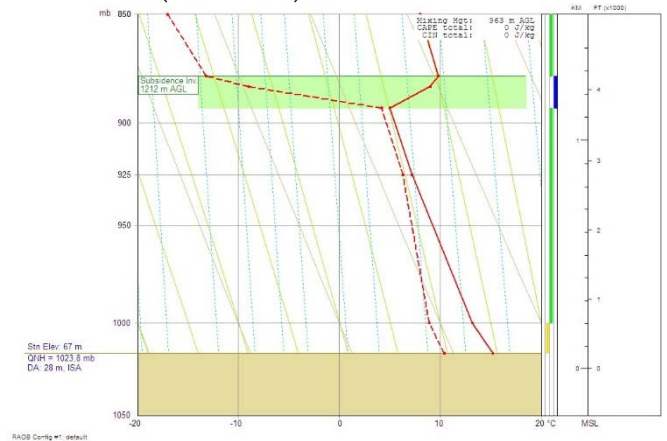
Cuanto más cerca estén estas dos líneas más humedad en el aire. Las zonas de color verde indican inversiones de temperatura que se producen cuando la temperatura del aire aumenta con la altura, situación muy común pero generalmente confinada a una capa relativamente superficial.

Los niveles altos en los meses de enero, marzo, mayo, junio, julio, octubre, noviembre y diciembre coinciden con la presencia de capas de inversión a baja altura (entre los 24 y los 340 metros).

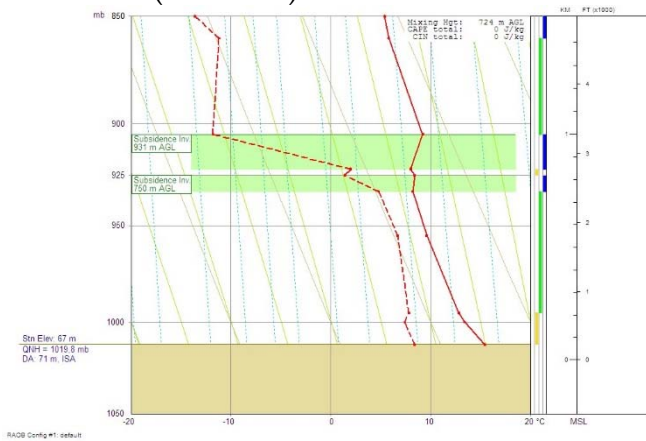
4 enero (0h UTC)



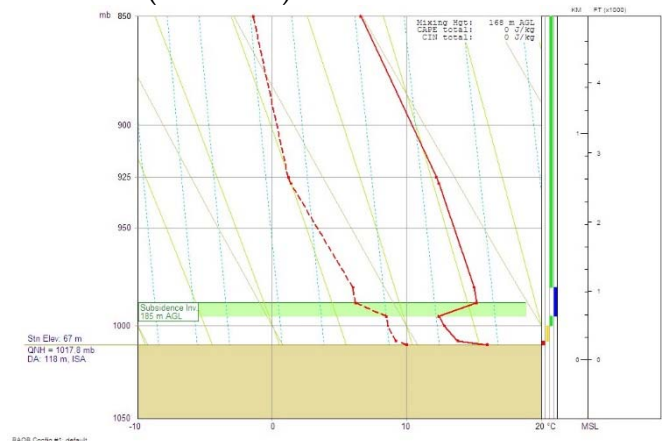
27 febrero (12h UTC)



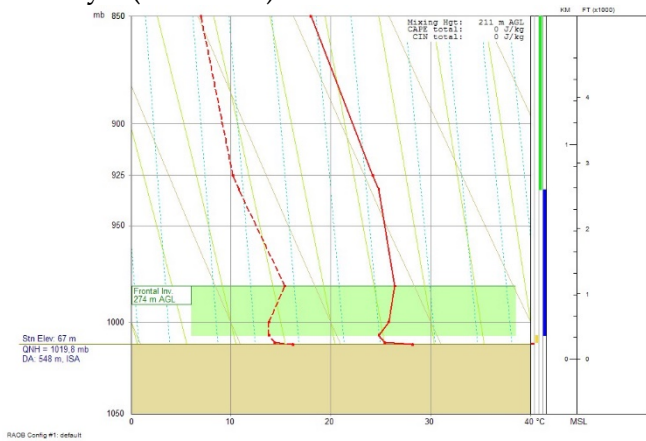
28 febrero (12h UTC)



24 marzo (12h UTC)



28 mayo (12h UTC)



2 junio (12h UTC)

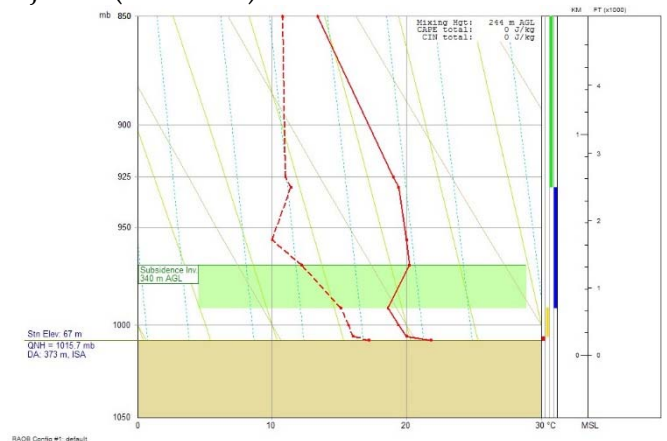
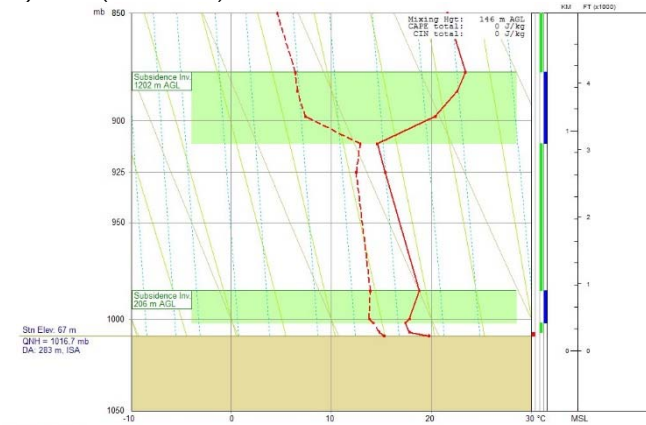
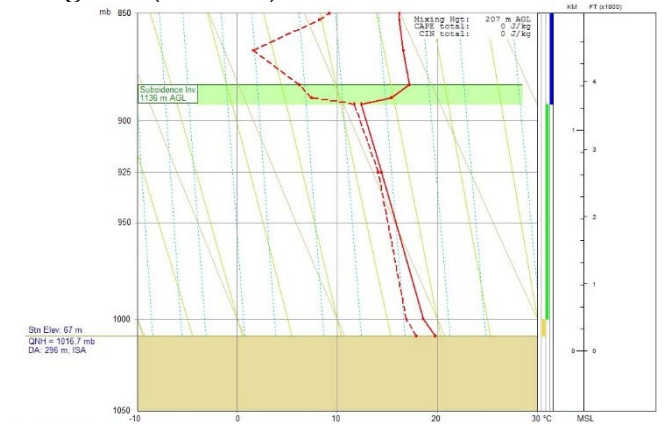


Figura 5. Perfiles de temperatura en la atmósfera obtenidos a partir de los radiosondeos decodificados con el programa RAOB para algunos días del año 2020. (continúa)

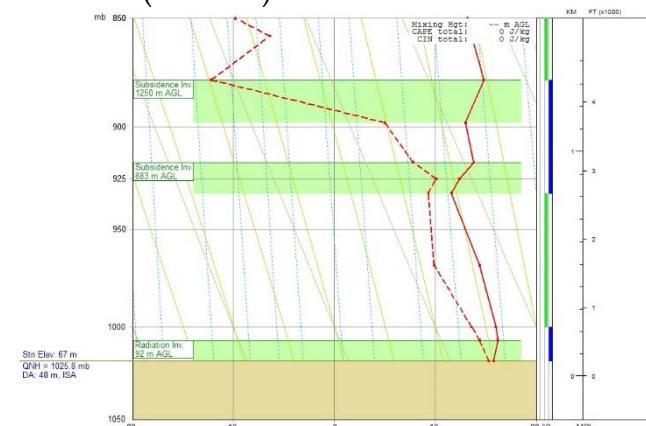
8 julio (0h UTC)



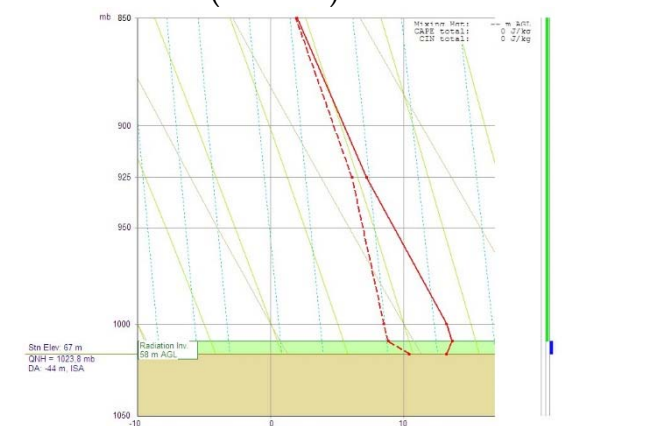
10 agosto (0h UTC)



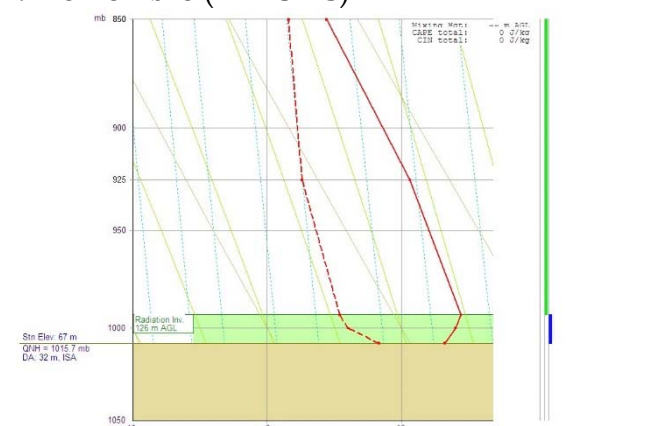
8 octubre (0h UTC)



16 noviembre (0h UTC)



29 noviembre (12h UTC)



5 de diciembre (0h UTC)

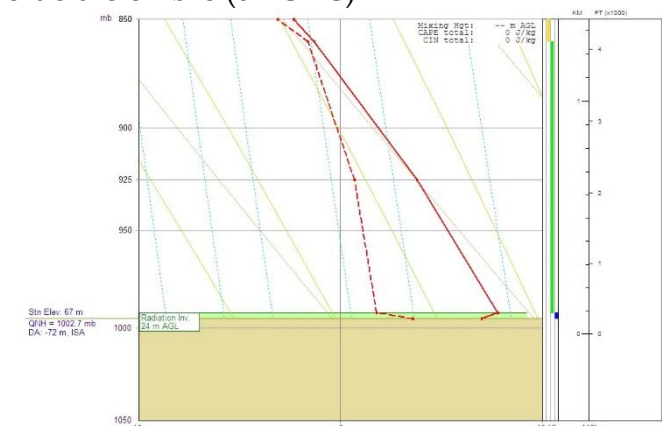


Figura 5. Perfiles de temperatura en la atmósfera obtenidos a partir de los radiosondeos decodificados con el programa RAOB para algunos días del año 2020.

A continuación, en la figura 6 se puede ver la evolución de los niveles diarios de PM_{10} , para cada mes, indicando los valores por encima del umbral de evaluación inferior de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (sombreado gris claro) y los que están por encima del umbral de evaluación superior de $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (sombreado gris oscuro). Como promedio diario el 71,3% de todos los días del año están por debajo del UEI. En los meses de enero a marzo y noviembre se

reduce a un 40-60% coincidiendo con niveles más elevados períodos continuados de 3-4 días, mientras que en el resto de los meses oscilan entre el 85-95%.

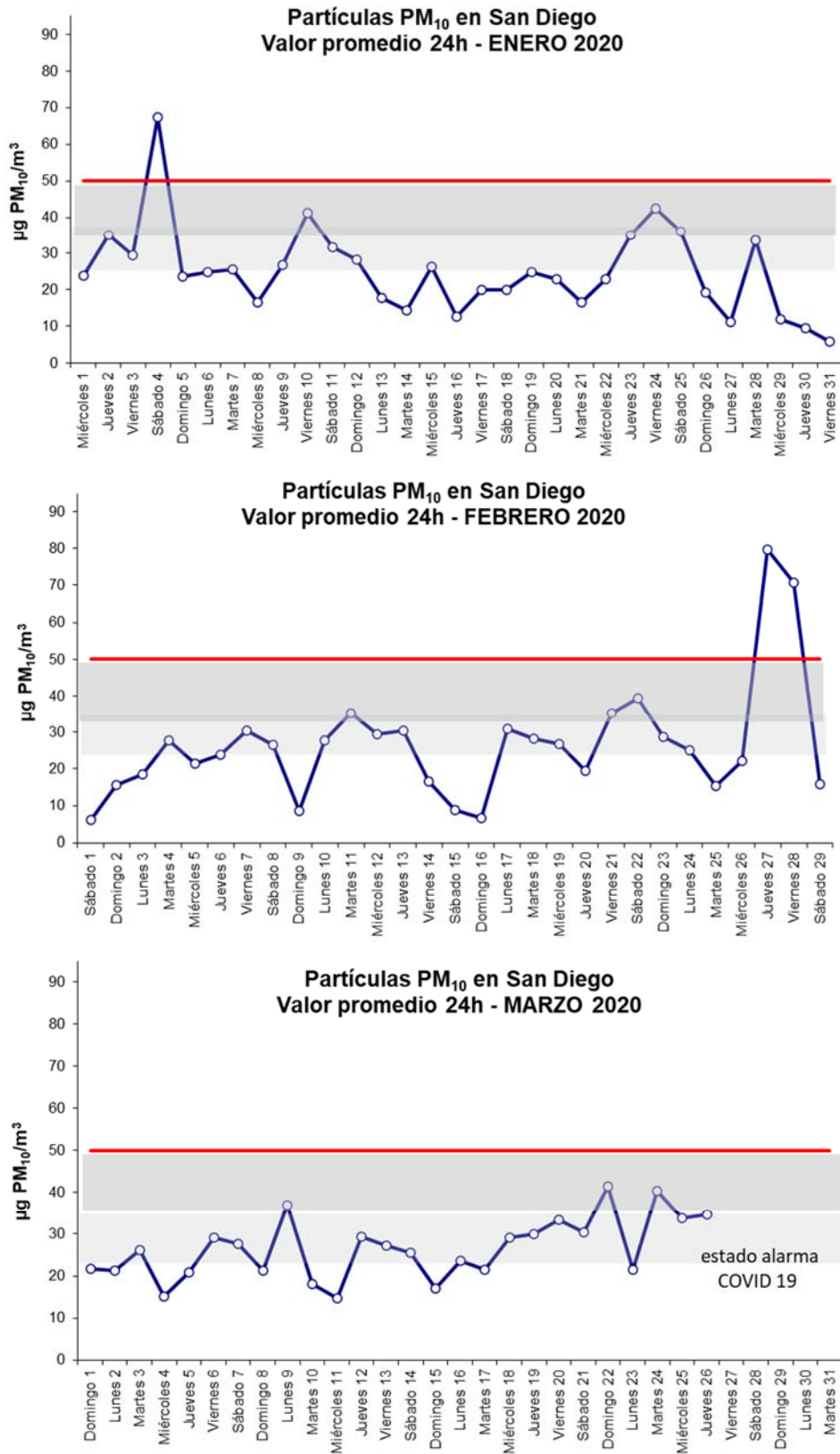


Figura 6. Evolución del promedio diario (24h) de los niveles de partículas PM₁₀. (continúa)

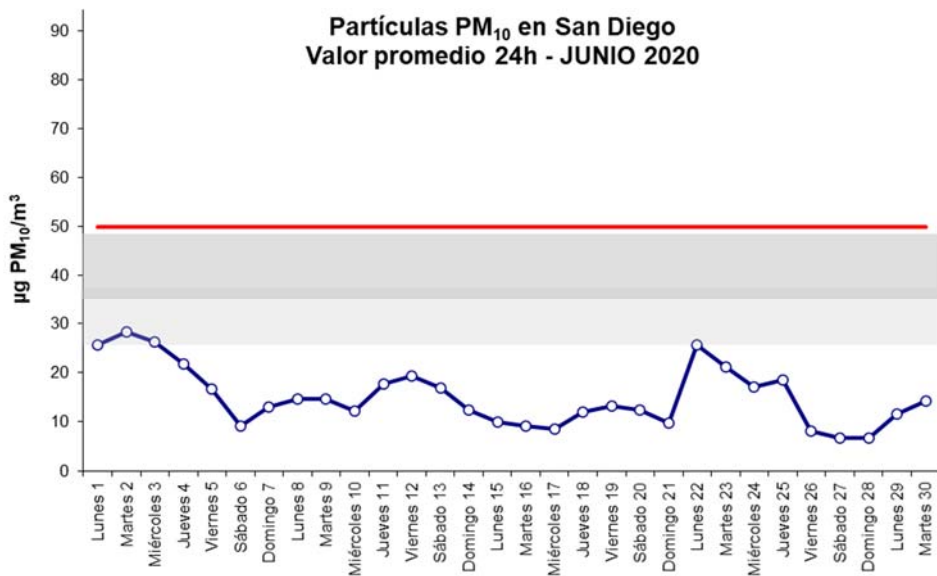
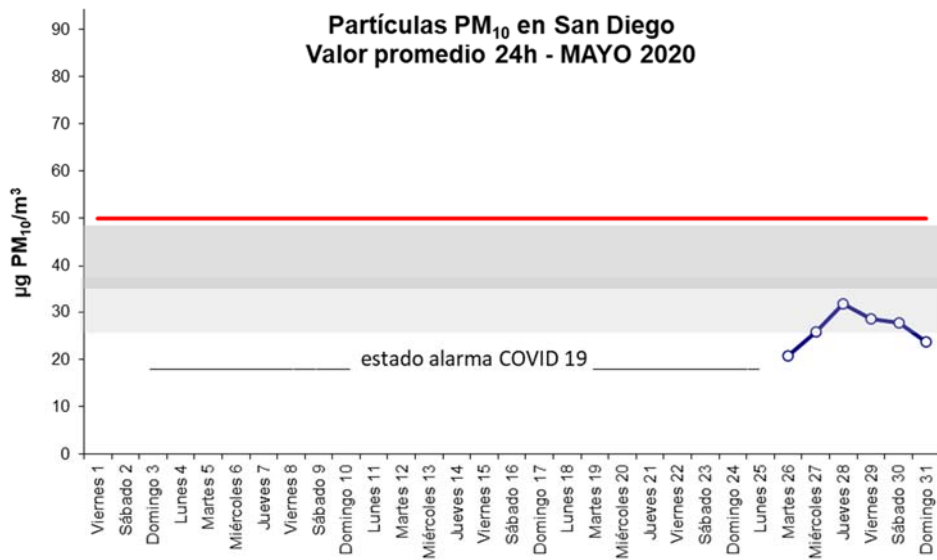
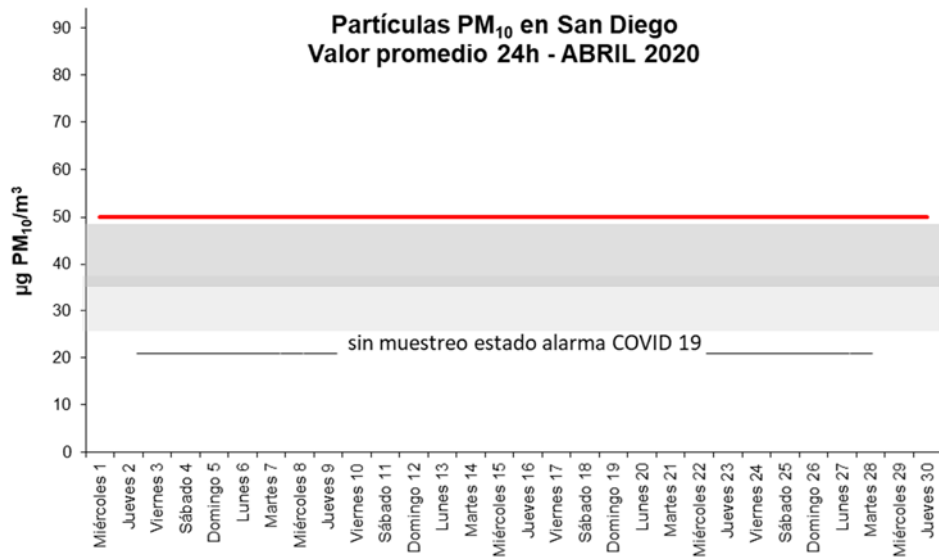


Figura 6. Evolución del promedio diario (24h) de los niveles de partículas PM₁₀. (continúa)

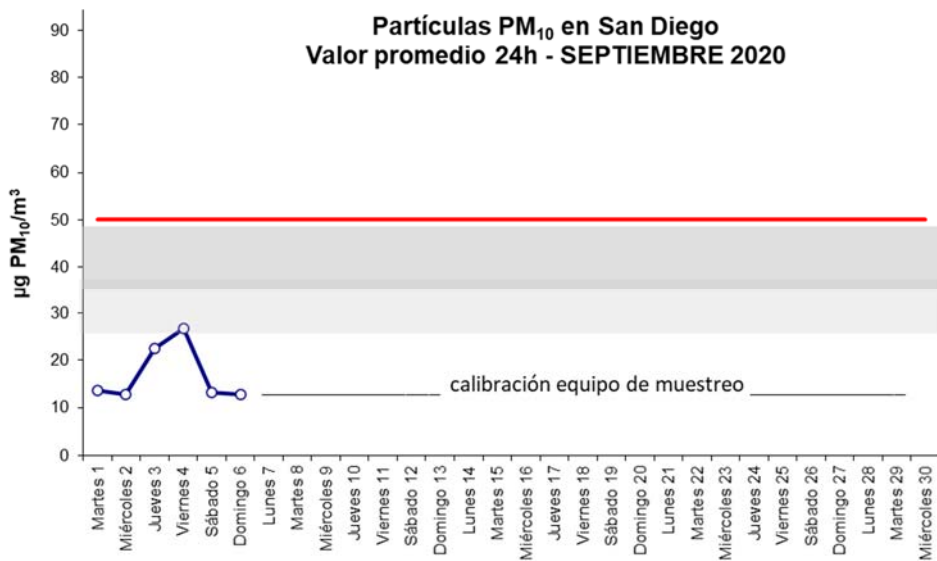
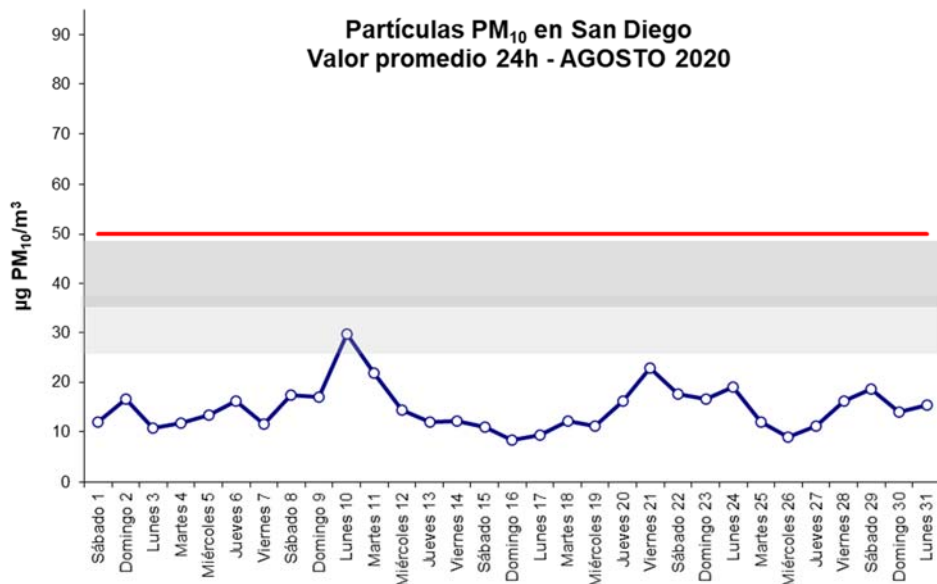
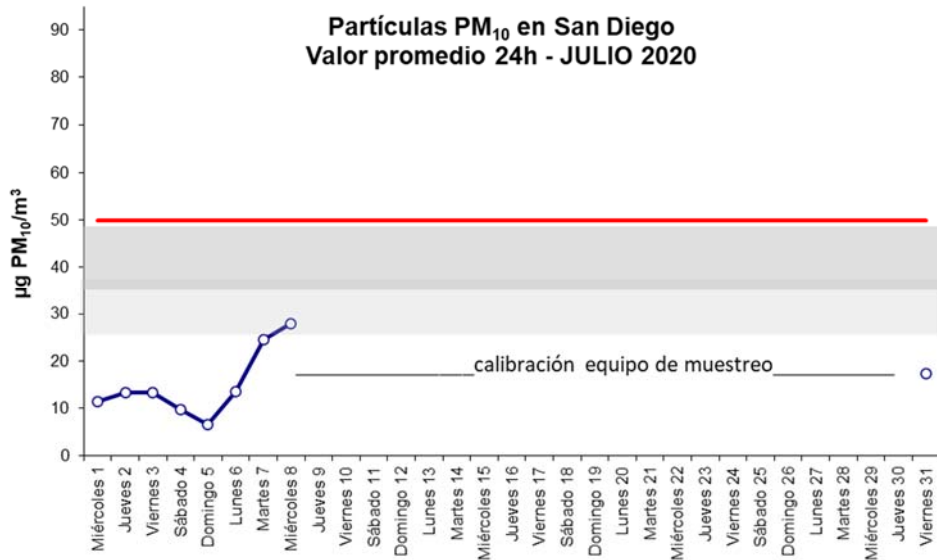


Figura 6. Evolución del promedio diario (24h) de los niveles de partículas PM₁₀. (continúa)

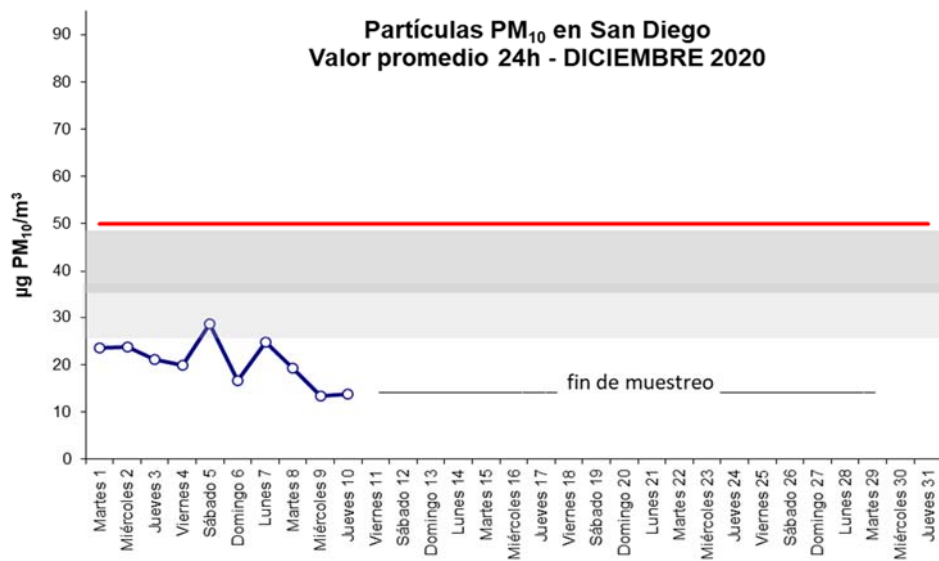
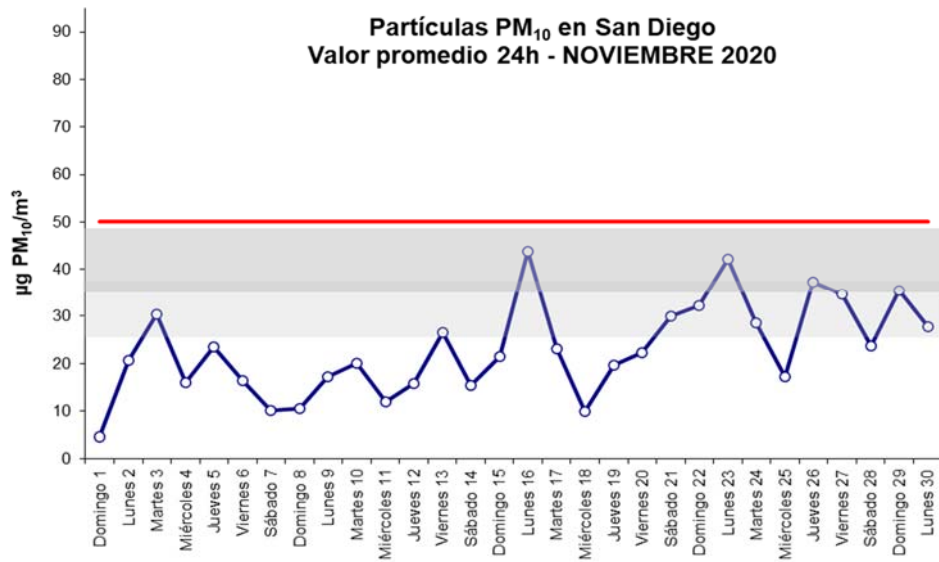
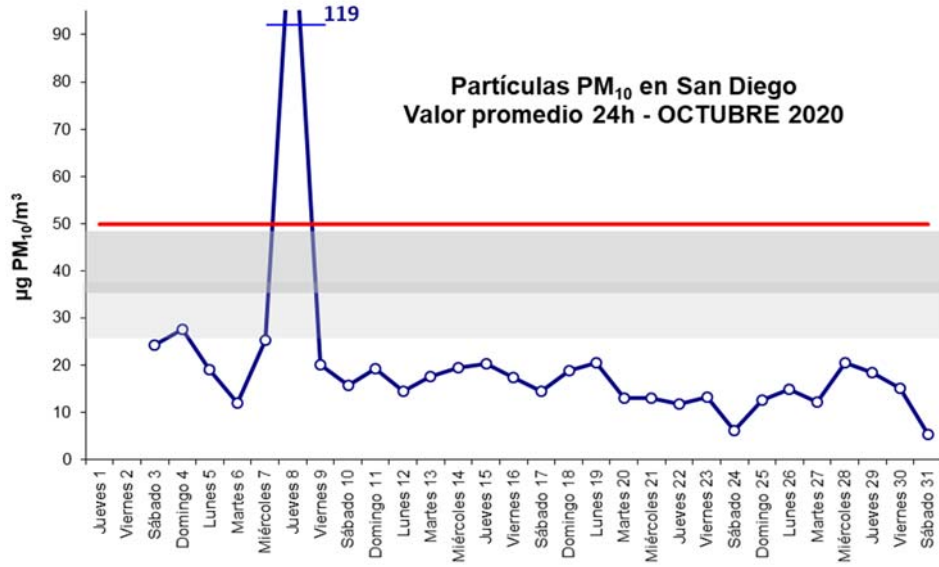
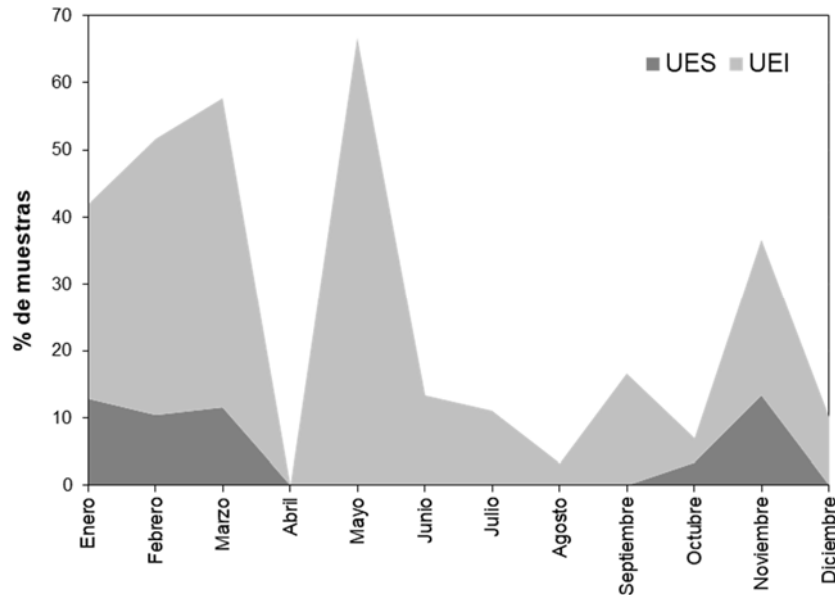
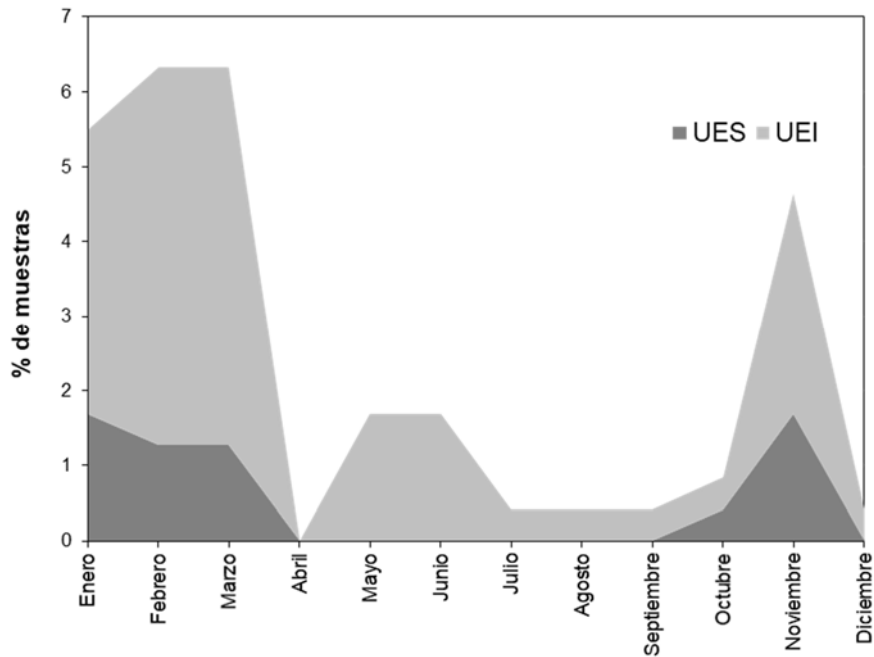


Figura 6. Evolución del promedio diario (24h) de los niveles de partículas PM₁₀.

En la figura 7 se representan el porcentaje de muestras que superan dentro de cada mes el UEI y el UES.



(A)



(B)

Figura 7. Evolución mensual del porcentaje de muestras que superan los UEI y UES: (A) en cada mes (B) en relación al total de muestras del año 2020.

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 8). Los datos de precipitación han sido obtenidos en la estación de inmisión "Pablo Iglesias" situada en el Castrillón perteneciente

al Ayuntamiento de A Coruña. Así, se observan las diferencias entre los distintos meses de estudio, siendo los meses de febrero, mayo a julio, septiembre y noviembre los menos lluviosos.

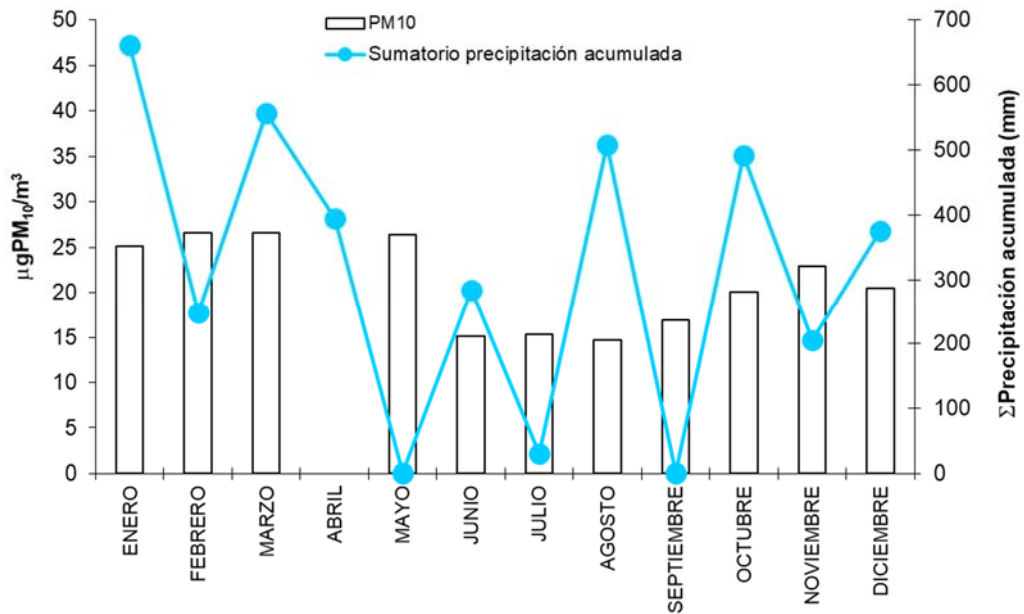
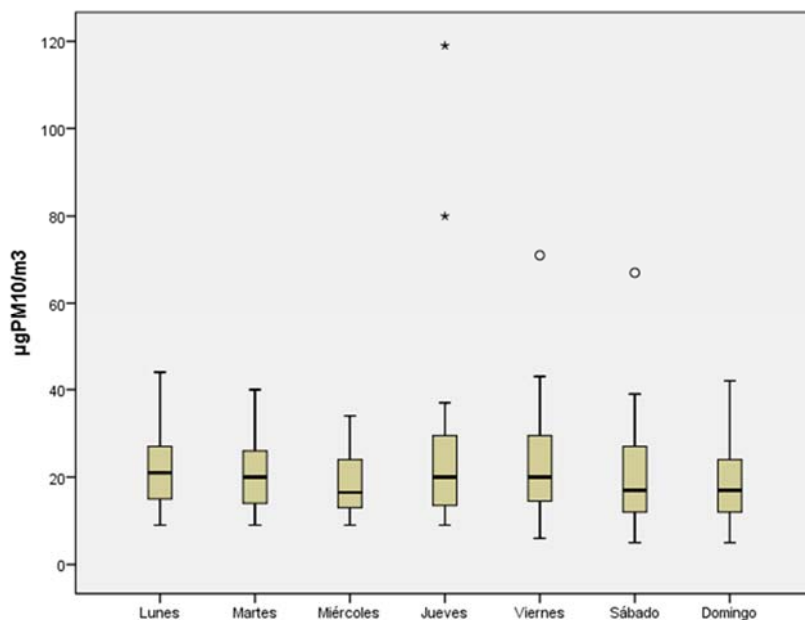


Figura 8. Niveles promedio mensuales de PM₁₀ y de sumatorio de precipitación acumulada.

En relación con la variación de los niveles de PM₁₀ en función del día de la semana en la representación de Box-Whisker (figura 9), se observa que los niveles son similares a lo largo de la semana, sin claras diferencias entre los días laborables y los fines 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 9. Diagramas de Box-Whisker del valor promedio 24 h (método gravimétrico) para los diferentes días de la semana durante el período de muestreo.

Para una discusión más detallada, en la figura 10 se presenta el valor diario de la precipitación acumulada y del valor de PM₁₀. Se observa que generalmente los días con precipitaciones coinciden con niveles de partículas más bajos.

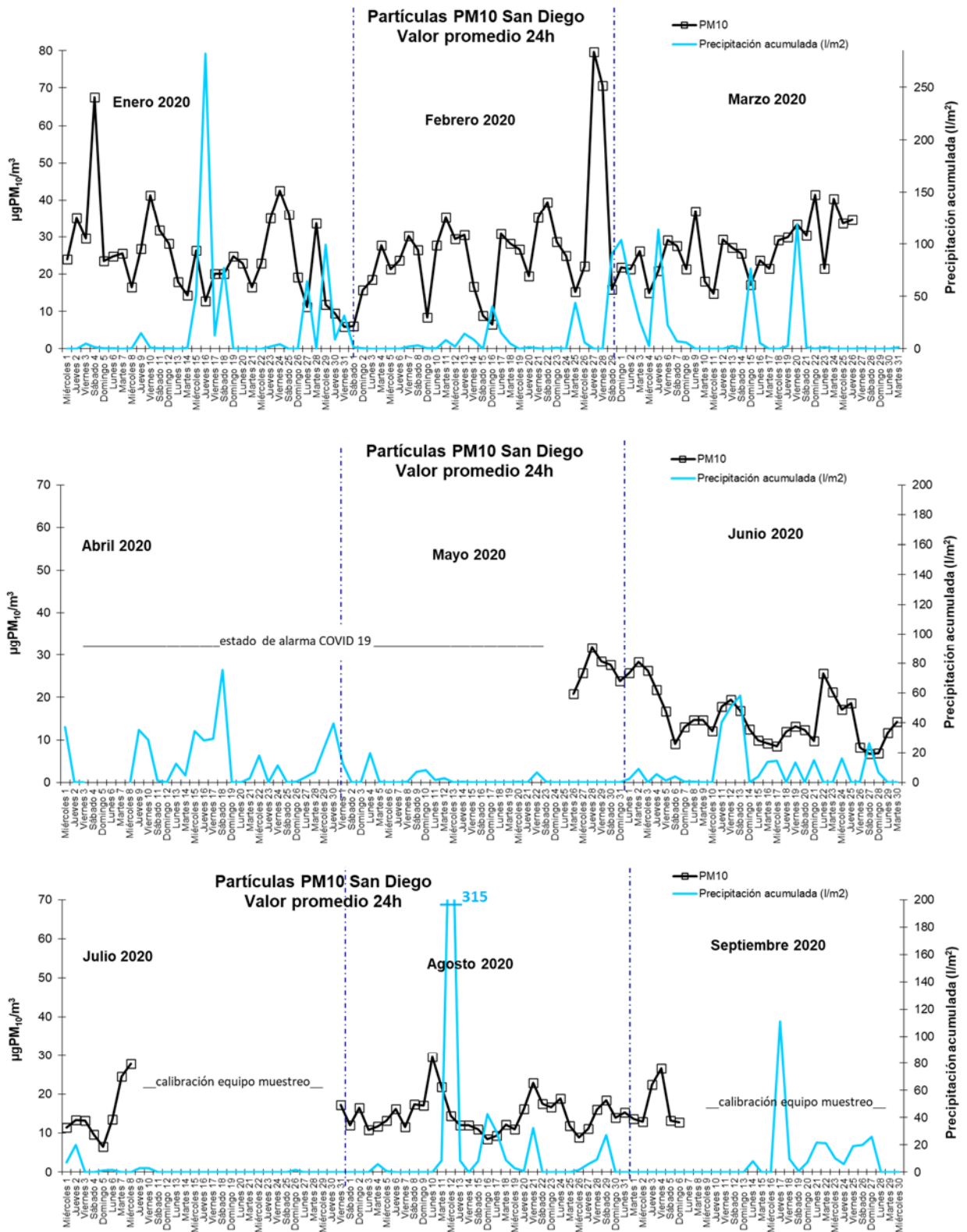


Figura 10. Influencia de la precipitación en los niveles promedios diarios de partículas PM₁₀.

(continúa)

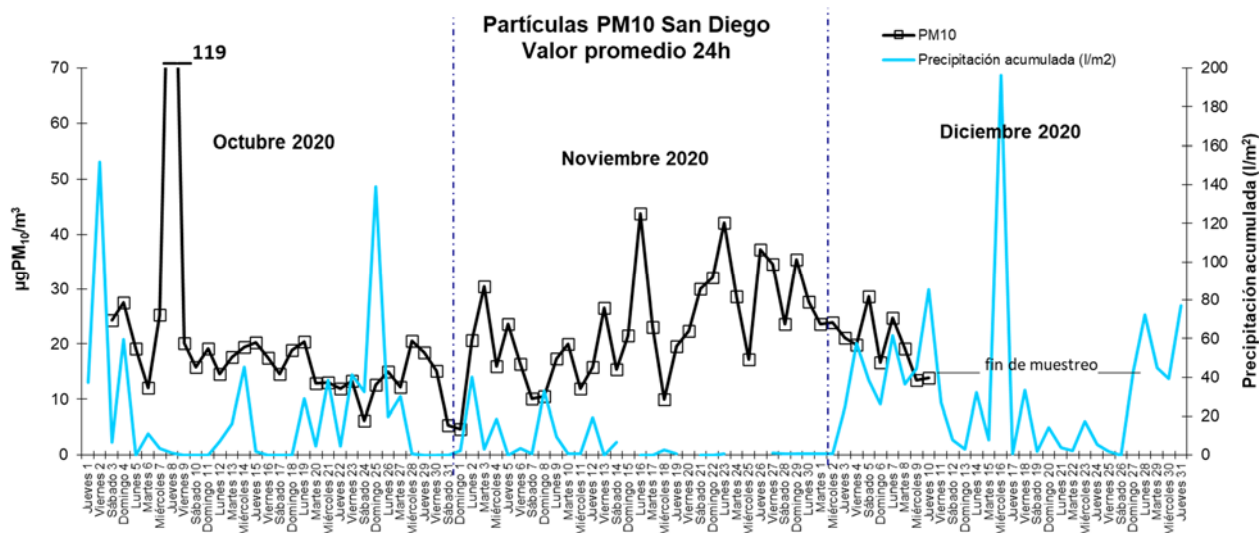


Figura 10. Influencia de la precipitación en los niveles promedios diarios de partículas PM₁₀.

Para un estudio en detalle de la variación diaria a lo largo de la semana, en la tabla VII se indica la comparación entre los niveles promedios diarios de partículas PM₁₀ obtenidos los días laborables (lunes a viernes) y los fines de semana (sábado y domingo) durante el año 2020.

Los valores más altos se producen más en días laborables que en fines de semana y al igual que el año pasado el valor promedio es similar para los días laborables y fines de semana (22 - 19 µg/m³, respectivamente). Además, 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 II, pág. 32).

Tabla VII. Comparación de los niveles de PM₁₀ en días laborables y fines de semana.

		Laborables	Fin de semana
Nº de muestras		169	68
Valor promedio diario PM ₁₀ (µg/m ³)		22	19
Valor máximo de PM ₁₀ (µg/m ³)		119	67
Valor mínimo de PM ₁₀ (µg/m ³)		6	5
Nº de superaciones del valor límite diario		3	1
PORCENTAJE*			
N I V E L E S	> 20 µg/m ³	47,9 (34,2)	36,8 (10,5)
	> 25 µg/m ³ (UEI)	30,2 (21,5)	25,0 (7,2)
	> 30 µg/m ³	12,4 (8,9)	10,3 (3,0)
	> 35 µg/m ³ (UES)	5,9 (4,2)	7,4 (2,1)
	> 40 µg/m ³	4,1 (3,0)	2,9 (0,8)
	> 50 µg/m ³ (valor límite diario)	1,8 (1,3)	1,5 (0,4)

*Porcentaje referido al número de muestras de cada período (laborable-fin de semana) y entre paréntesis referido al total anual de muestras.

CONCLUSIONES

- Se han determinado los niveles diarios de PM₁₀ en la zona de Os Castros durante el año 2020. Se han recogido un total de 237 muestras que representan una cobertura anual del 65%. El muestreo ha sido interrumpido desde el 27 de marzo al 25 de mayo como consecuencia del estado de alarma decretado por la pandemia de COVID19 y del 9-30 de julio y del 7 de septiembre al 2 de octubre para la calibración, del equipo; finalizando el muestreo el día 10 de diciembre.
- El valor promedio anual de PM₁₀ ha sido de 21 µg/m³ (similar al año anterior) no superando el valor límite permitido por la normativa de 40 µg/m³.
- Los niveles medios mensuales de PM₁₀ oscilan entre 15 µg/m³ de los meses de junio, julio y agosto, y los 27 µg/m³ de los meses de febrero y marzo, seguido de los 26 µg/m³ del mes de mayo.
- El valor límite diario de 50 µg/m³ ha sido superado en 4 ocasiones.
- Los valores máximos diarios se producen en el mes de octubre con 119 µg/m³ seguido de febrero y enero con 80 y 67 µg/m³, respectivamente, disminuyendo hasta los 27-28 µg/m³ en los meses de junio, julio y septiembre. En cuanto a los valores mínimos oscilan entre los 5 µg/m³ de los meses de octubre y noviembre y los 15-21 µg/m³ de los meses de marzo y mayo.
- Los valores medios mensuales son menores de junio a septiembre coincidiendo con los valores de precipitación acumulada promedio menor, con la excepción del mes de agosto.
- Los valores medios anuales son similares para los días laborables y fines de semana. Un 21,5% de las muestras durante los días laborables y un 7,2% para los fines de semana superan el UEI. El UES es superado en un 4,2% para los días laborables y un 2,1% para los fines de semana. Estos valores son ligeramente superiores a los obtenidos para el año anterior 2019.
- En relación con los valores de umbral superior e inferior de evaluación para la media diaria, indicar que un 6,3% de las muestras (15 días) superan el UES de 35 µg/m³ y un 28,7% (68 días) superan el UEI de 25 µg/m³. Se han superado las 35 ocasiones como máximo permitidas durante un año civil de superación del UEI (25 µg/m³) para la media diaria de PM₁₀, pero no las del UES (35 µg/m³).

- En relación con los valores de umbral superior e inferior de evaluación para la media anual de PM_{10} , en los últimos 5 años se iguala el valor del UEI ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sin superar el UES ($28 \mu\text{g}/\text{m}^3$).
- El 3,8% del total de muestras superan los $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, un 12% superan los $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y un 45% superan los $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Estos porcentajes son similares a los obtenidos en el año 2019.
- 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 PM₁₀

Siguiendo los requisitos de la norma UNE-EN 12341:2015, los filtros de fibra de cuarzo se acondicionan durante 5 días antes de la pesada y previamente al muestreo, a una temperatura de $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ y 45 y 50% de humedad relativa. En las figuras 11 y 12 se indican los registros tanto de humedad relativa como de temperatura de la sala de balanzas.

La pesada de los filtros ha sido realizada cuando la sala de balanzas estaba en condiciones bajo control.

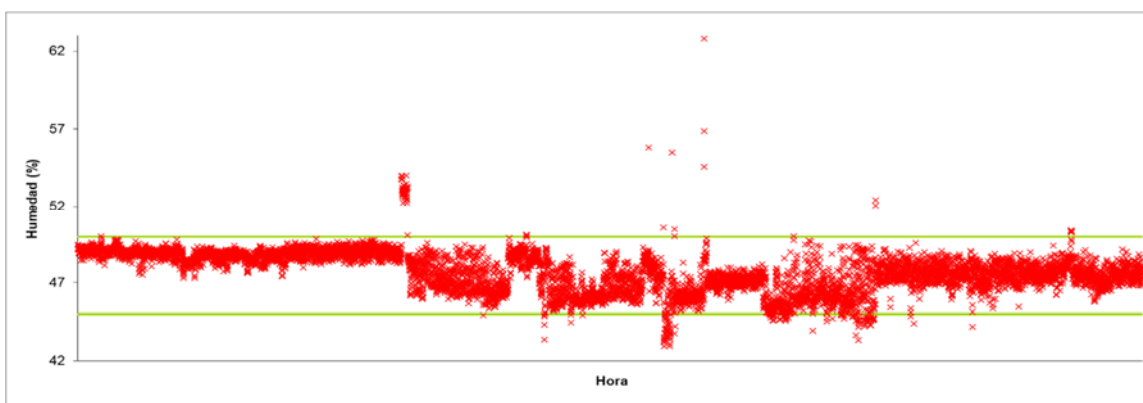


Figura 11. Carta de control del % de humedad relativa en la sala de balanzas.

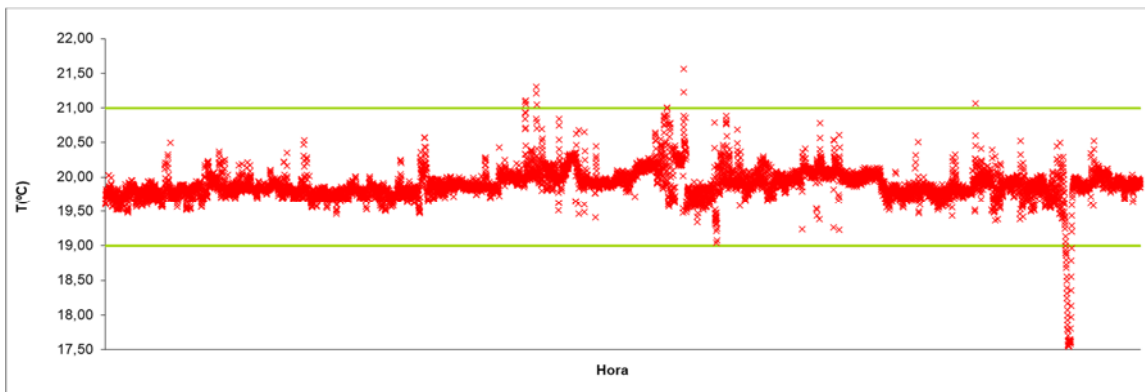


Figura 12. Carta de control de la temperatura (°C) en la sala de balanzas.

ANEXO II.- GRÁFICAS DE LOS NIVELES DE PARTÍCULAS PM₁₀ PARA LOS DÍAS LABORABLES Y FINES DE SEMANA (método gravimétrico).

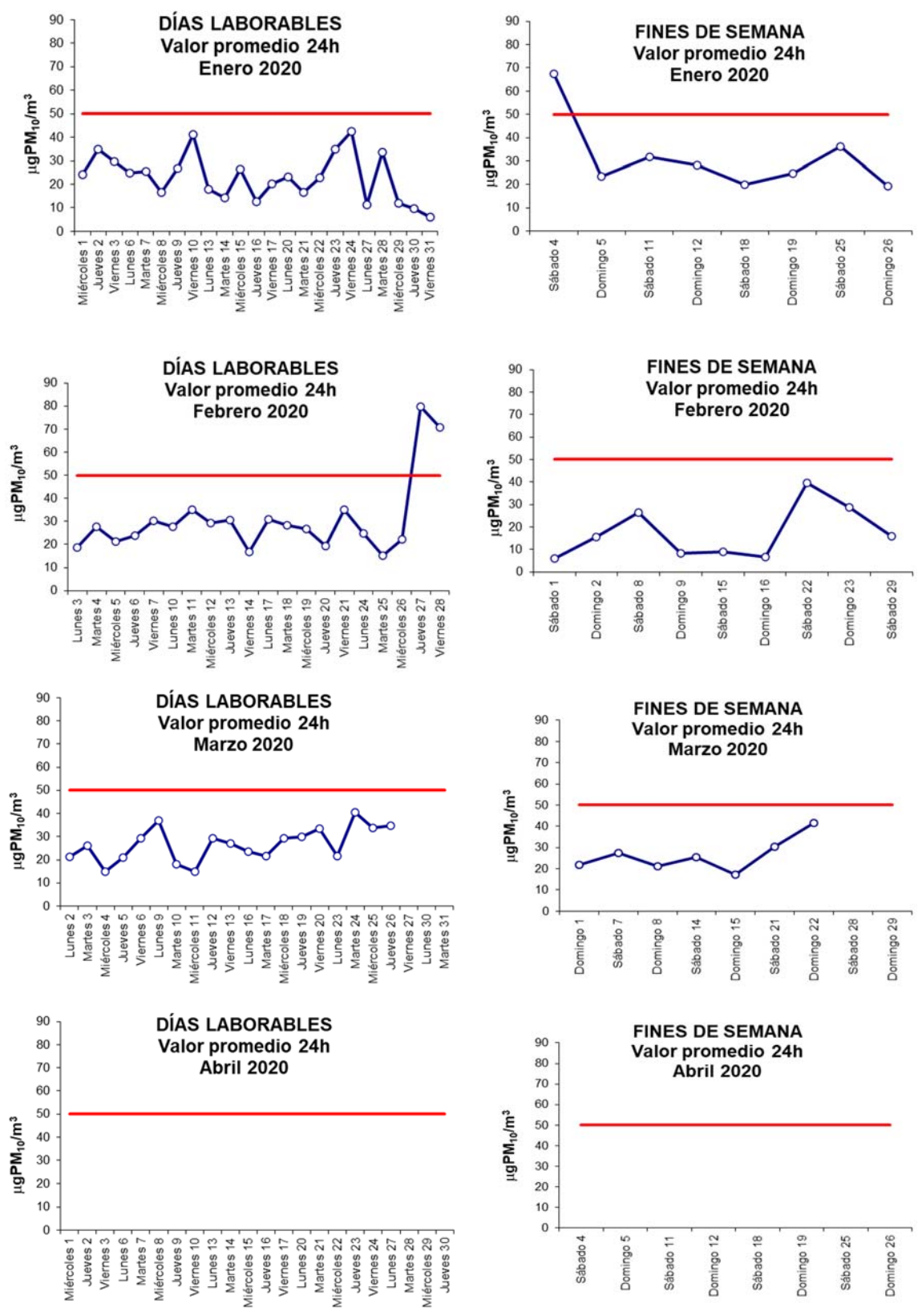


Figura 13. Variación de los niveles de partículas PM₁₀ en días laborables y fines de semana para cada mes de muestreo del año 2020. (continúa)

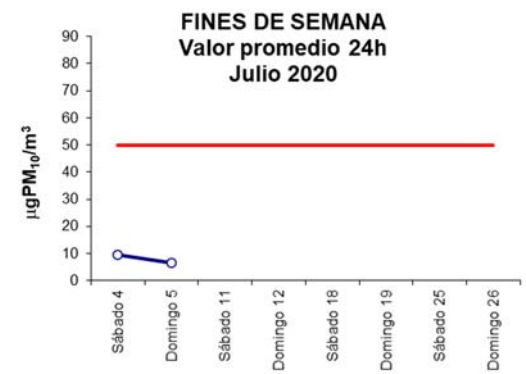
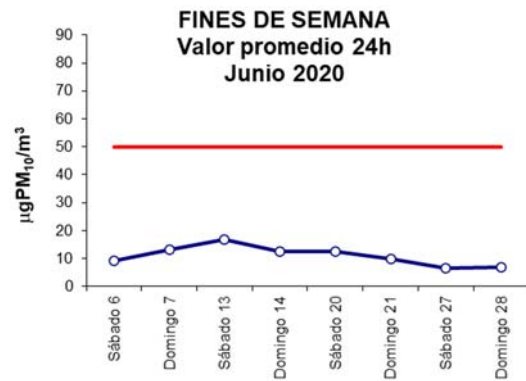
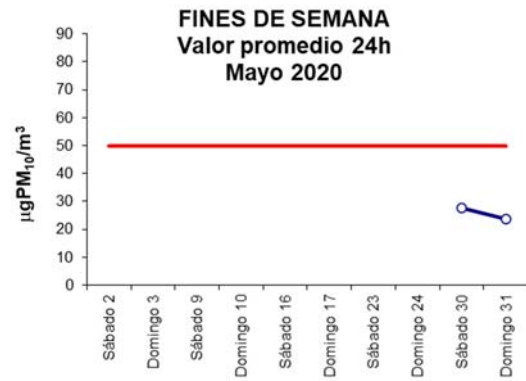


Figura 13. Variación de los niveles de partículas PM₁₀ en días laborables y fines de semana para cada mes de muestreo del año 2020. (continúa)

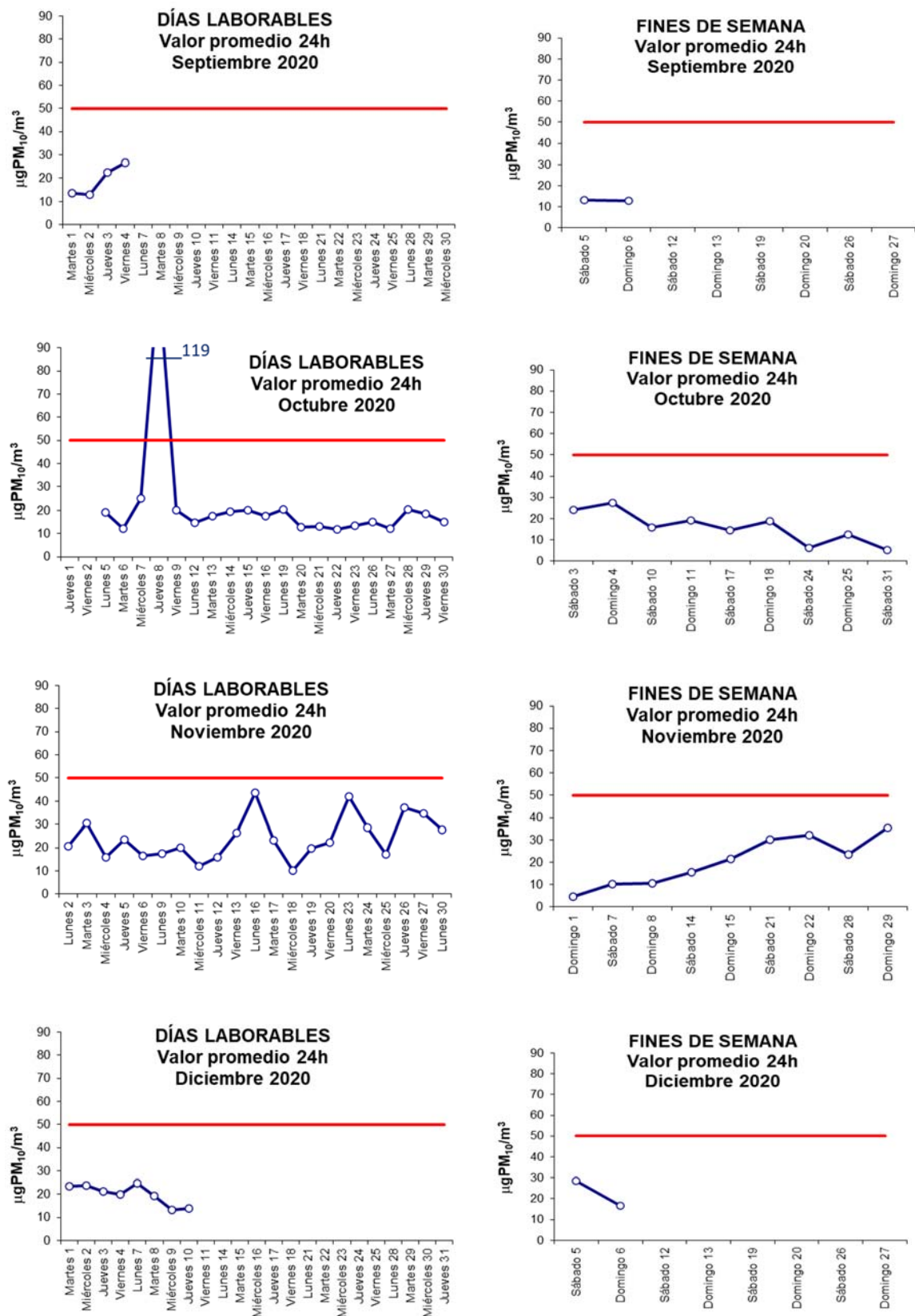


Figura 13. Variación de los niveles de partículas PM₁₀ en días laborables y fines de semana para cada mes de muestreo del año 2020.

ANEXO III.- ORIGEN DE LAS MASAS DE AIRE

Se ha realizado un estudio del origen de las masas de aire a partir del cálculo de las retrotrayectorias con el modelo HYSPLIT 4 (HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory)^{12,13}, distinguiendo ocho sectores (figura 14).

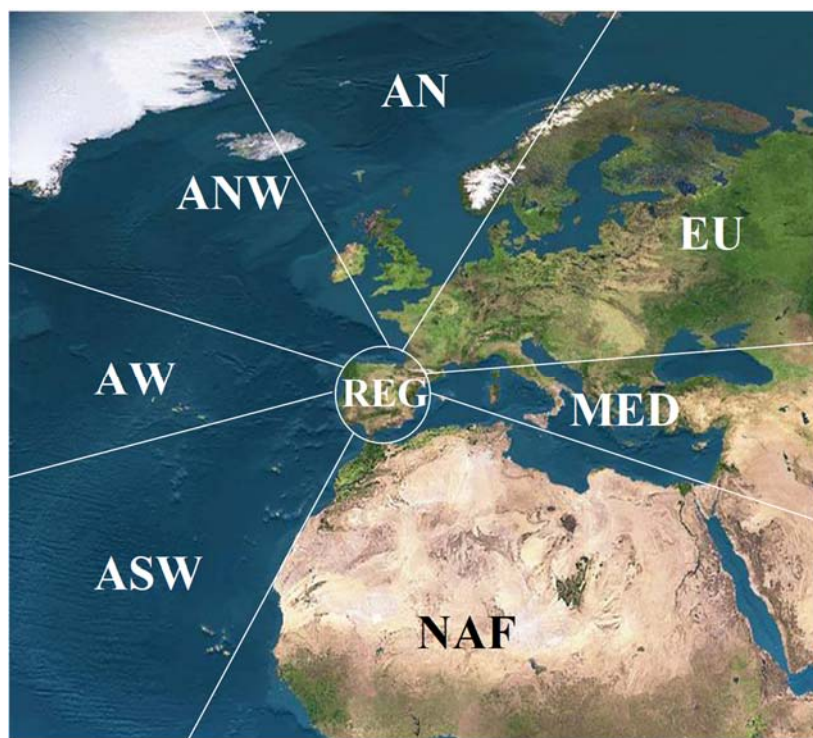


Figura 14. Clasificación del origen de las masas de aire: AN (Atlántico Norte), ANW (Atlántico Noroeste), AW (Atlántico Oeste), ASW (Atlántico Suroeste), NAF (Norte de África), ME (Mediterráneo), EU (Europa Central), REG (Recirculación regional).

En la figura 15 (A) se indica el número de días con influencia de masas de aire de diferente origen, observando que aproximadamente el 75% de los días existió un claro predominio del transporte de masas de aire procedentes de diversos sectores del Atlántico, seguido de un 9% de componente europeo, un 5% de componente africano y un 9% de componente regional y 2% de influencia mediterránea.

En la figura 15 (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.

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

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

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

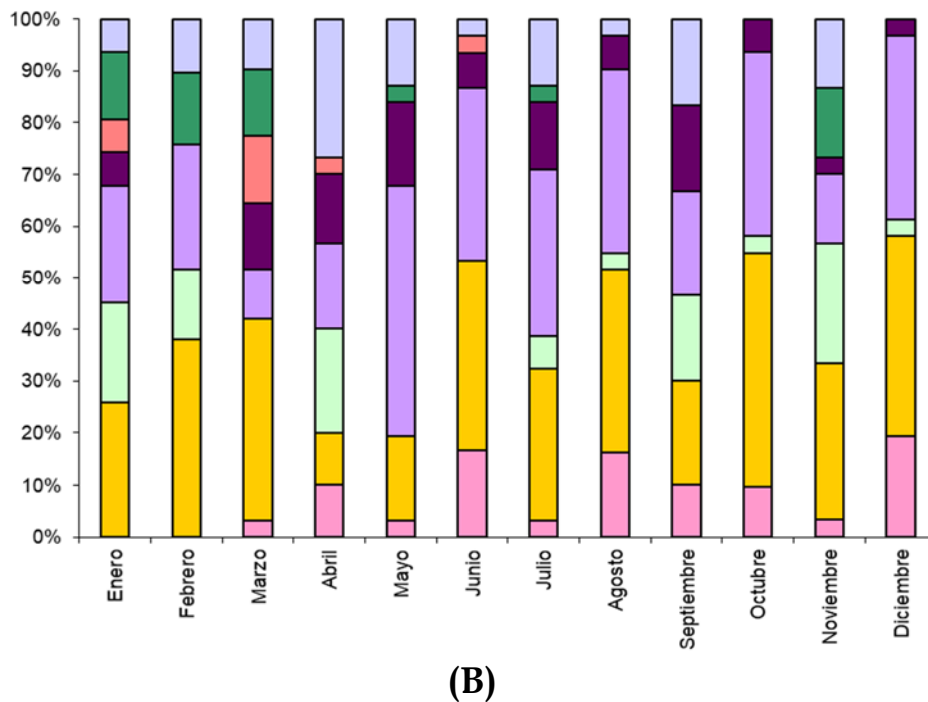
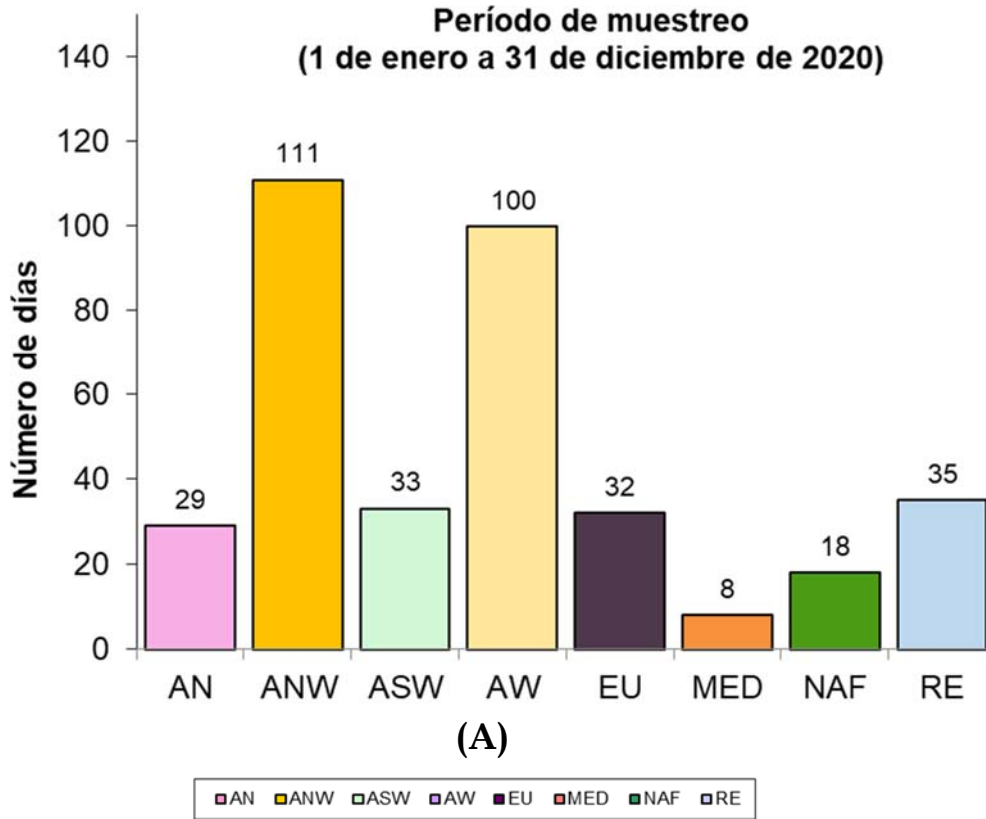


Figura 15. Origen de las masas de aire en A Coruña en 2020 obtenido a partir del cálculo de retro trayectorias de las masas de aire: (A) Número de días (B) Frecuencia a lo largo del año.

ANEXO IV.- COMPARATIVA DE LOS RESULTADOS PARA LOS AÑOS AÑO 2007-2020

NIVELES DE PM₁₀ SEGÚN MEDIDA GRAVIMÉTRICA

Tabla VIII. Resumen global de las muestras recogidas durante el período 2007-2019.

	2007*	2008#	2009	2010	2011	2012	2013+
Nº muestras recogidas	288	330	360	358	354	340	289
% de muestras (año civil)	79	90,4	99	98	97	93	79
VALOR MÁXIMO DIARIO de PM ₁₀ (µg/m ³)	71	85	77	74	94	70	43
VALOR MÍNIMO DIARIO de PM ₁₀ (µg/m ³)	12	10	10	7	11	9	4
Nº SUPERACIONES del valor límite diario de 50 µg/m ³	28	27	12	10	15	18	0
% SUPERACIONES con respecto al número total de muestras	9,7	8,2	3,3	2,8	4,2	5,3	-
VALOR MEDIO ANUAL de PM₁₀ (µg/m³)	32	29	27	28	29	26	21

* 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 el año 2013 durante los meses de julio, agosto y noviembre se muestrearon solamente 35 días

	2014 ^φ	2015 ^{\$}	2016 ^θ	2017	2018	2019 [≈]	2020 [‡]
Nº muestras recogidas	263	328	342	349	349	323	237
% de muestras (año civil)	72	90	93	96	96	89	65
VALOR MÁXIMO DIARIO de PM ₁₀ (µg/m ³)	65	57	65	94	48	61	119
VALOR MÍNIMO DIARIO de PM ₁₀ (µg/m ³)	3	3	14	5	5	6	5
Nº SUPERACIONES del valor límite diario de 50 µg/m ³	6	2	1	1	0	4	4
% SUPERACIONES con respecto al número total de muestras	2,3	0,6	0,3	0,3	0	1,2	1,7
VALOR MEDIO ANUAL de PM₁₀ (µg/m³)	21	20	19	19	20	21	21

^φ en el año 2014 no hubo muestreo durante los meses de mayo y junio

^{\$} en el año 2015 no hubo muestreo durante el mes de mayo

^θ en el año 2016 durante el mes de mayo se ha muestreado 10 días

[≈] en el año 2019 no hubo muestreo desde el 18 de junio hasta el 24 de julio

[‡] en el año 2020 no hubo muestreo desde el 25 de marzo al 25 de mayo, 9 al 30 de julio y del 7 de septiembre al 2 de octubre, finalizando el muestreo el 10 de diciembre

Tabla IX. Valores máximo diario mensual durante el período 2007-2020.

	Máximo mensual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)						
	2007*	2008 [#]	2009	2010	2011	2012	2013 ⁺
Enero	-	81	57	49	46	57	39
Febrero	-	85	58	35	60	58	36
Marzo	71	54	70	43	72	70	32
Abril	71	48	62	54	83	62	33
Mayo	43	60	46	64	43	46	36
Junio	61	56	66	74	48	66	34
Julio	41	37	39	52	38	39	32
Agosto	52	41	38	37	47	38	36
Septiembre	71	45	40	53	51	40	42
Octubre	57	63	35	61	94	35	30
Noviembre	44	39	46	47	39	46	23
Diciembre	60	60	44	42	46	44	43

* 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 el año 2013 se muestrearon solamente 12 días en julio, 20 días en agosto y 3 días en noviembre

	Máximo mensual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)						
	2014 ^Φ	2015 [§]	2016 ^θ	2017	2018	2019 [≈]	2020 [‡]
Enero	36	37	24	35	48	42	67
Febrero	39	40	32	28	32	61	80
Marzo	65	46	45	34	31	43	42
Abril	42	57	40	42	35	39	-
Mayo	-	14	40	23	47	31	32
Junio	-	42	28	37	44	26	28
Julio	37	31	65	27	32	23	28
Agosto	28	38	46	27	36	29	30
Septiembre	48	38	31	27	32	39	27
Octubre	53	29	40	94	37	27	119
Noviembre	42	51	33	29	48	40	44
Diciembre	36	39	43	35	43	53	29

^Φ en el año 2014 no hubo muestreo durante los meses de mayo y junio [§] en el año 2015 no hubo muestreo durante el mes de mayo, ^θ en el año 2016 durante el mes de mayo se ha muestreado 10 días; [≈] en el año 2019 no hubo muestreo desde el 18 de junio hasta el 24 de julio; [‡] en el año 2020 no hubo muestreo desde el 25 de marzo al 25 de mayo, 9 al 30 de julio y del 7 de septiembre al 2 de octubre, finalizando el muestreo el 10 de diciembre

Tabla X. Valores mínimo diario mensual durante el período 2007-2020.

	Mínimo mensual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)						
	2007*	2008#	2009	2010	2011	2012	2013+
Enero	-	10	10	14	14	11	4
Febrero	-	14	10	11	17	14	14
Marzo	14	20	17	13	19	15	10
Abril	14	12	12	18	20	14	11
Mayo	14	14	17	16	18	9	11
Junio	13	12	12	17	13	11	8
Julio	12	10	12	18	13	19	15
Agosto	12	10	14	14	11	9	13
Septiembre	15	15	18	17	15	15	11
Octubre	24	12	11	7	13	14	9
Noviembre	17	10	15	10	16	17	10
Diciembre	16	10	13	7	13	11	9

* 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 el año 2013 se muestrearon solamente 12 días en julio, 20 días en agosto y 3 días en noviembre

	Mínimo mensual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)						
	2014 ^Φ	2015 [§]	2016 ^Ø	2017	2018	2019 [≈]	2020
Enero	11	11	7	6	8	10	6
Febrero	11	11	9	6	5	9	6
Marzo	13	3	8	5	4	10	15
Abril	10	9	4	7	9	10	-
Mayo	-	9	10	9	9	9	21
Junio	-	12	8	8	11	9	7
Julio	3	7	6	6	8	9	7
Agosto	5	7	9	6	7	6	8
Septiembre	8	6	8	7	10	10	13
Octubre	11	6	7	13	9	6	5
Noviembre	10	5	7	13	10	12	5
Diciembre	10	8	12	12	11	9	13

^Φ en el año 2014 no hubo muestreo durante los meses de mayo y junio, [§] en el año 2015 no hubo muestreo durante el mes de mayo, ^Ø en el año 2016 durante el mes de mayo se ha muestreado 10 días; [≈] en el año 2019 no hubo muestreo desde el 18 de junio hasta el 24 de julio; [|] en el año 2020 no hubo muestreo desde el 25 de marzo al 25 de mayo, 9 al 30 de julio y del 7 de septiembre al 2 de octubre, finalizando el muestreo el 10 de diciembre.

Tabla XI. Valores medios mensuales durante el período 2007-2020.

	Media mensual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)						
	2007*	2008#	2009	2010	2011	2012	2013+
Enero	-	38	24	24	23	27	22
Febrero	-	38	32	23	34	29	22
Marzo	35	31	34	27	34	40	18
Abril	44	26	24	34	37	26	21
Mayo	27	25	27	32	29	21	23
Junio	28	28	28	36	27	27	20
Julio	24	21	20	30	24	26	21
Agosto	29	23	23	22	25	22	26
Septiembre	30	28	34	30	27	26	23
Octubre	40	33	26	25	37	23	19
Noviembre	30	24	29	27	26	27	15
Diciembre	38	31	24	20	27	23	24

* 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 el año 2013 se muestrearon solamente 12 días en julio, 20 días en agosto y 3 días en noviembre.

	Media mensual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)						
	2014 ^Φ	2015 [§]	2016 ^º	2017	2018	2019 [≈]	2020 [‡]
Enero	20	21	14	20	20	24	25
Febrero	20	20	18	17	19	30	27
Marzo	39	26	22	18	14	23	27
Abril	24	25	13	22	18	21	-
Mayo	-	11	22	16	22	18	26
Junio	-	23	17	19	21	15	15
Julio	18	17	19	14	21	17	15
Agosto	14	18	20	16	16	17	15
Septiembre	22	17	20	16	21	22	17
Octubre	28	19	21	26	22	18	20
Noviembre	18	23	17	22	23	21	23
Diciembre	21	20	23	23	22	23	20

^Φ en el año 2014 no hubo muestreo durante los meses de mayo y junio, [§] en el año 2015 no hubo muestreo durante el mes de mayo, ^º en el año 2016 durante el mes de mayo se ha muestreado 10 días; [≈] en el año 2019 no hubo muestreo desde el 18 de junio hasta el 24 de julio; [‡] en el año 2020 no hubo muestreo desde el 25 de marzo al 25 de mayo, 9 al 30 de julio y del 7 de septiembre al 2 de octubre, finalizando el muestreo el 10 de diciembre.

Tabla XII. Número de superaciones por mes durante el período 2007-2020.

	Número de superaciones						
	2007*	2008#	2009	2010	2011	2012	2013+
Enero	-	9	0	0	0	1	0
Febrero	-	7	3	0	1	2	0
Marzo	2	1	3	0	6	13	0
Abril	13	0	0	1	4	1	0
Mayo	0	1	0	3	0	0	0
Junio	2	2	1	2	0	1	0
Julio	0	0	0	1	0	0	0
Agosto	1	0	0	0	0	0	0
Septiembre	3	0	3	2	1	0	0
Octubre	2	0	1	1	3	0	0
Noviembre	0	4	1	0	0	0	0
Diciembre	5	0	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 el año 2013 se muestrearon solamente 12 días en julio, 20 días en agosto y 3 días en noviembre.

	Número de superaciones						
	2014	2015 [§]	2016 [¶]	2017	2018	2019 [≈]	2020
Enero	0	0	0	0	0	0	1
Febrero	0	0	0	0	0	3	2
Marzo	5	0	0	0	0	0	0
Abril	0	1	0	0	0	0	-
Mayo	-	0	0	0	0	0	0
Junio	-	0	0	0	0	0	0
Julio	0	0	1	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0
Octubre	1	0	0	1	0	0	1
Noviembre	0	1	0	0	0	0	0
Diciembre	0	0	0	0	0	1	0

[¶] en el año 2014 no hubo muestreo durante los meses de mayo y junio, [§] en el año 2015 no hubo muestreo durante el mes de mayo, [¶] en el año 2016 durante el mes de mayo se ha muestreado 10 días; [≈] en el año 2019 no hubo muestreo desde el 18 de junio hasta el 24 de julio; [|] en el año 2020 no hubo muestreo desde el 25 de marzo al 25 de mayo, 9 al 30 de julio y del 7 de septiembre al 2 de octubre, finalizando el muestreo el 10 de diciembre.

En la figura 16 se indica la comparativa del total de muestras distribuidas por mes de muestreo. La tendencia estacional entre 2007- 2020 refleja los valores más altos en el otoño/invierno, siendo menores en el resto de la primavera y verano. En el año 2010 los valores más altos se produjeron desde marzo hasta julio y de septiembre a octubre.

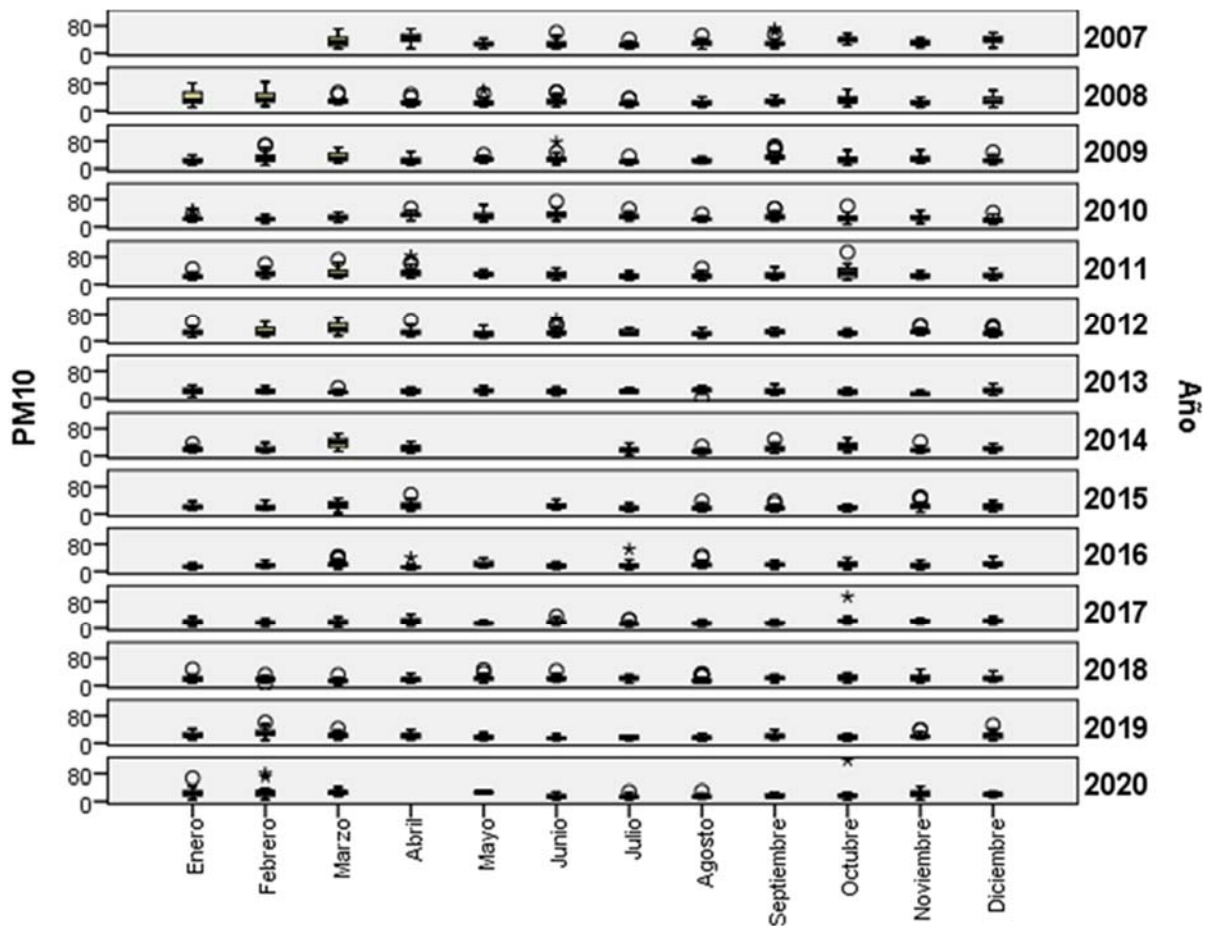


Figura 16. Diagramas de Box-Whisker del valor promedio 24 h (método gravimétrico) para los diferentes meses de muestreo desde el año 2007 a 2020.

También se puede observar la variabilidad dentro de cada estación y para cada año; debida en parte a las diferentes precipitaciones ocurridas en los catorce años de muestreo tal y como se representa en la figura 17.

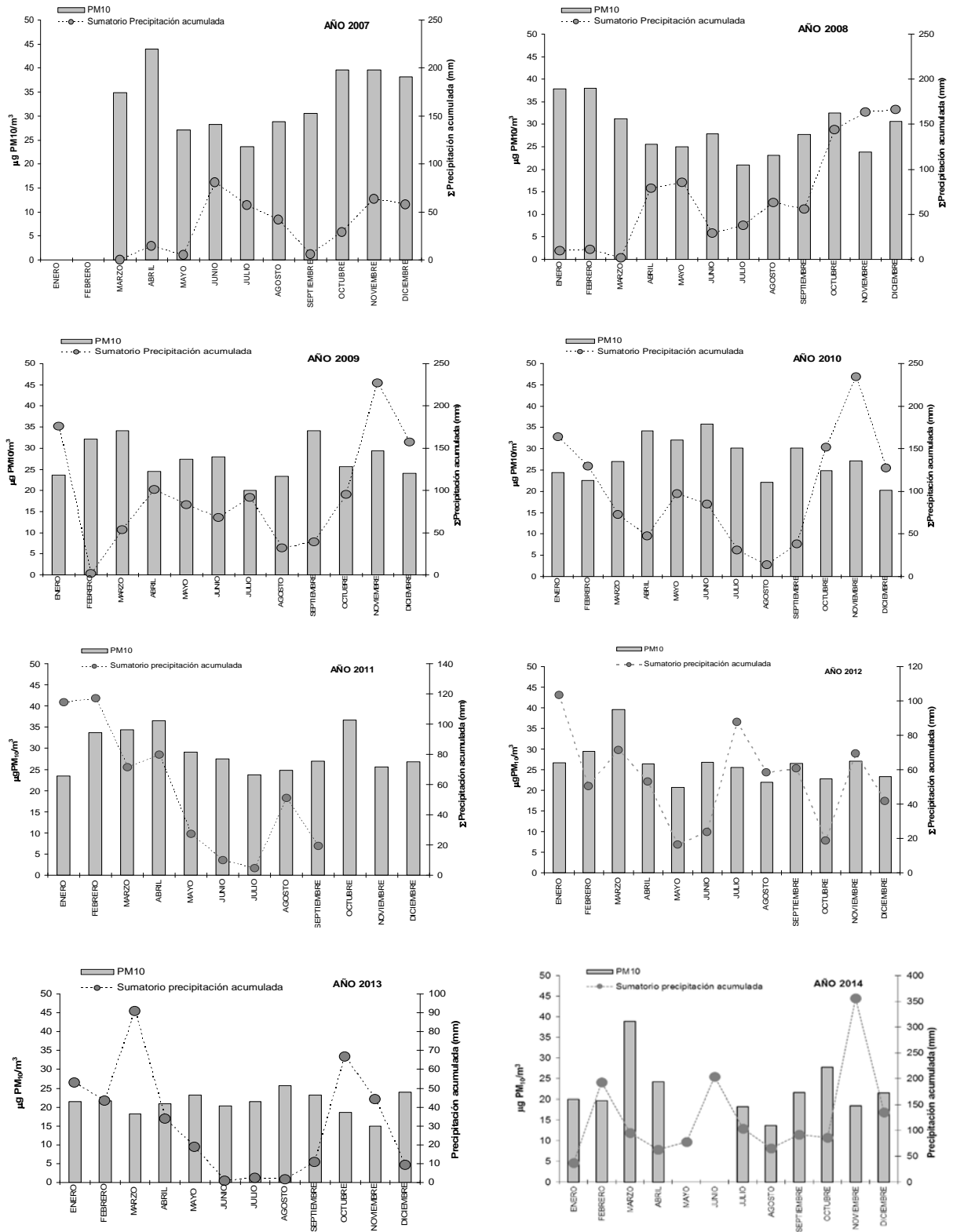


Figura 17. Niveles promedio mensuales de PM₁₀ y sumatorio de precipitación acumulada durante el período 2007-2020(para el tercer trimestre del año 2011 no se disponen de datos de precipitación).
(continúa)

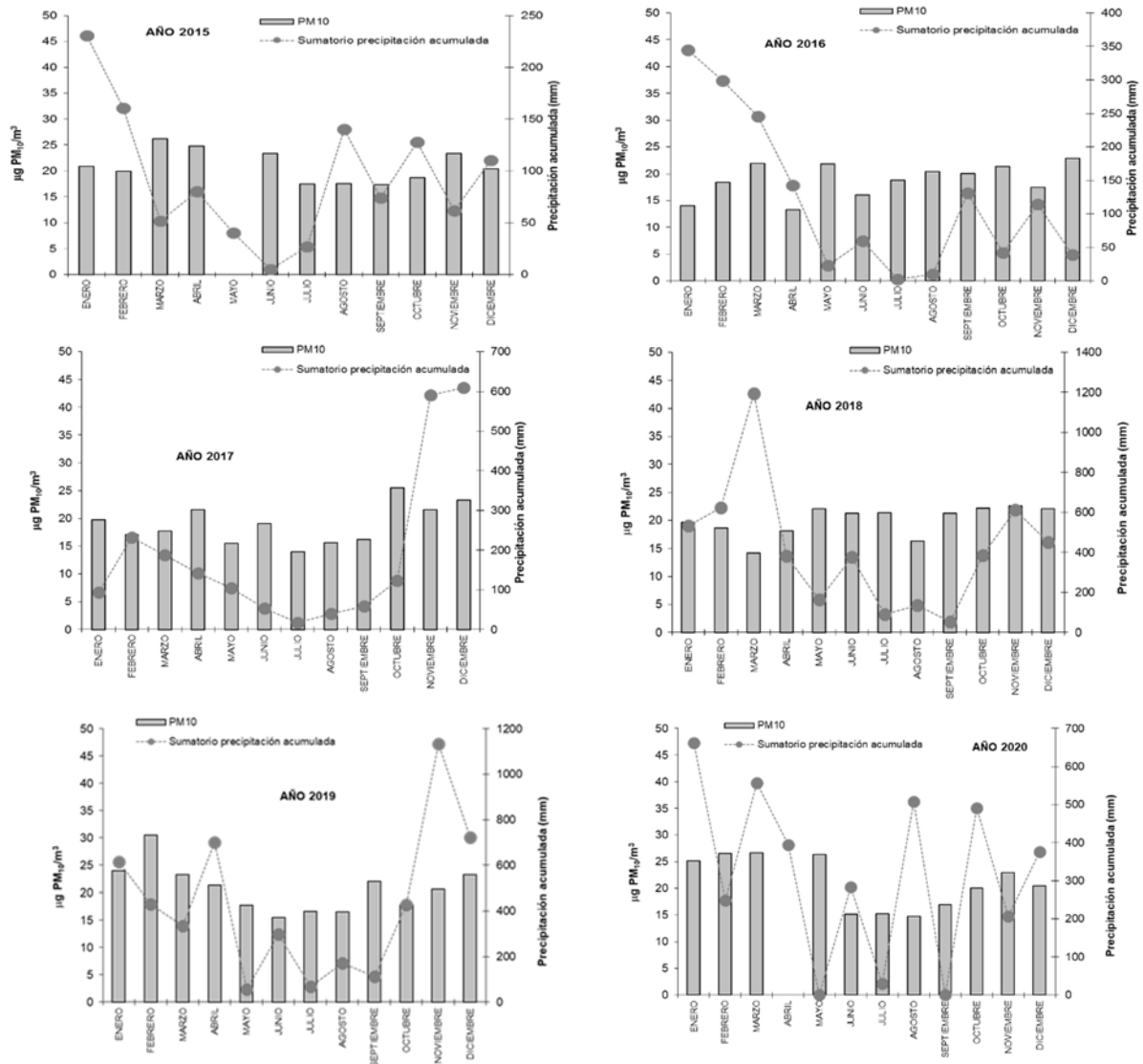


Figura 17. Niveles promedio mensuales de PM_{10} y sumatorio de precipitación acumulada durante el período 2007-2020.

En la figura 18 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.

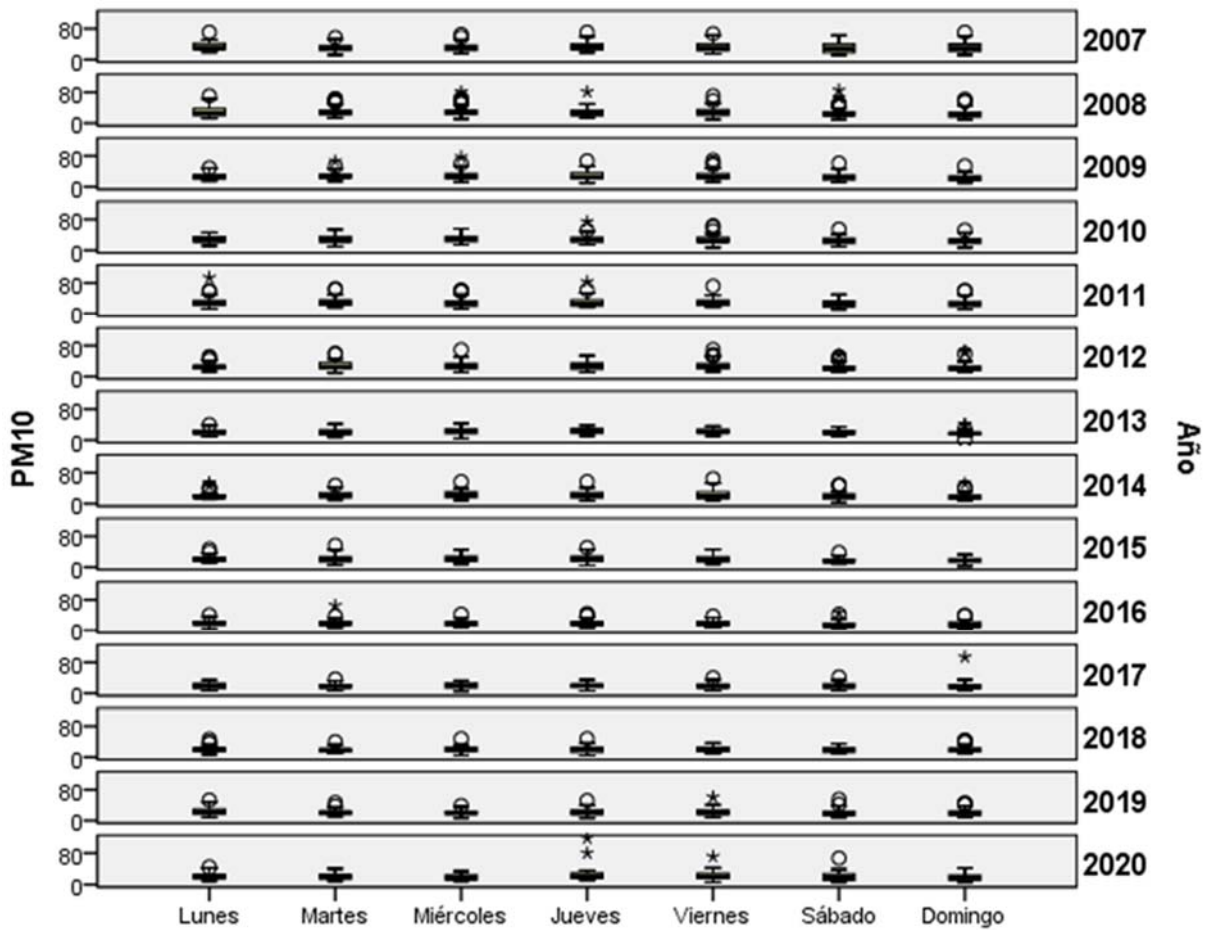
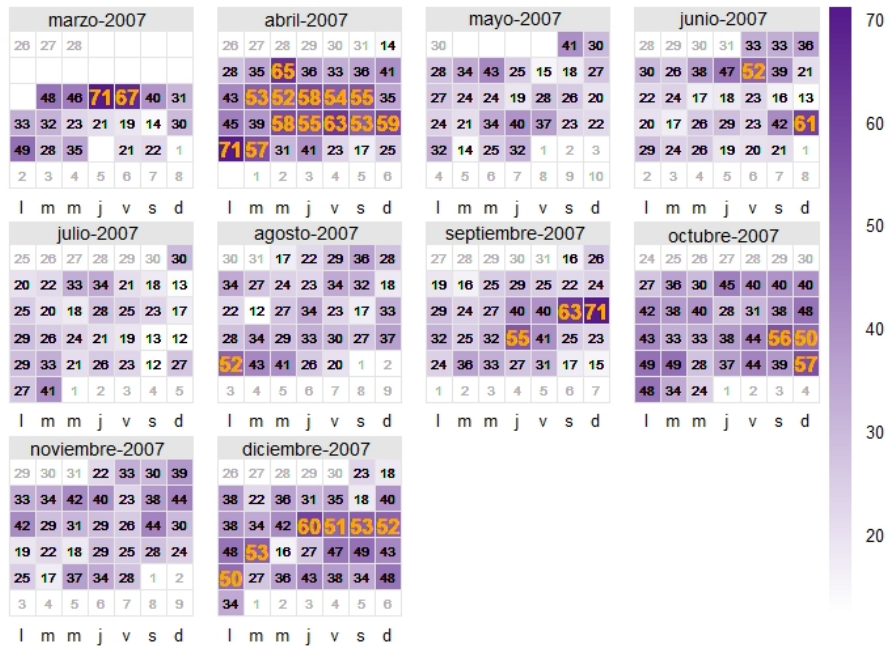


Figura 18. Diagramas de Box-Whisker del valor promedio 24 h (método gravimétrico) para los diferentes días de la semana desde el año 2007 a 2020.

En las figuras 19 a 25 se muestran los calendarios de los años 2007 a 2020 con los niveles medios diarios, resaltando los días con superación del valor límite diario de $50\mu\text{g}/\text{m}^3$.

PM₁₀ en 2007



PM₁₀ en 2008

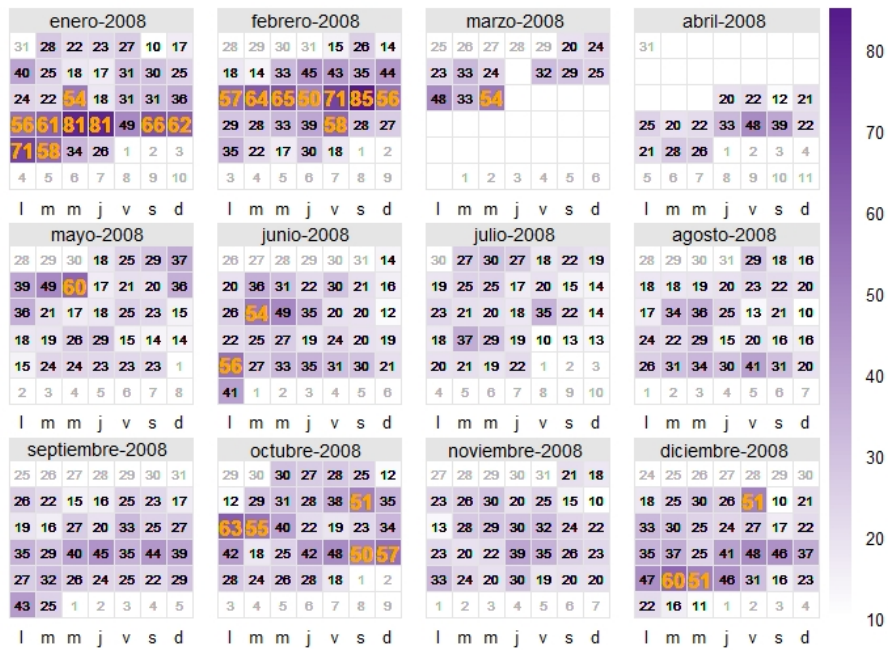
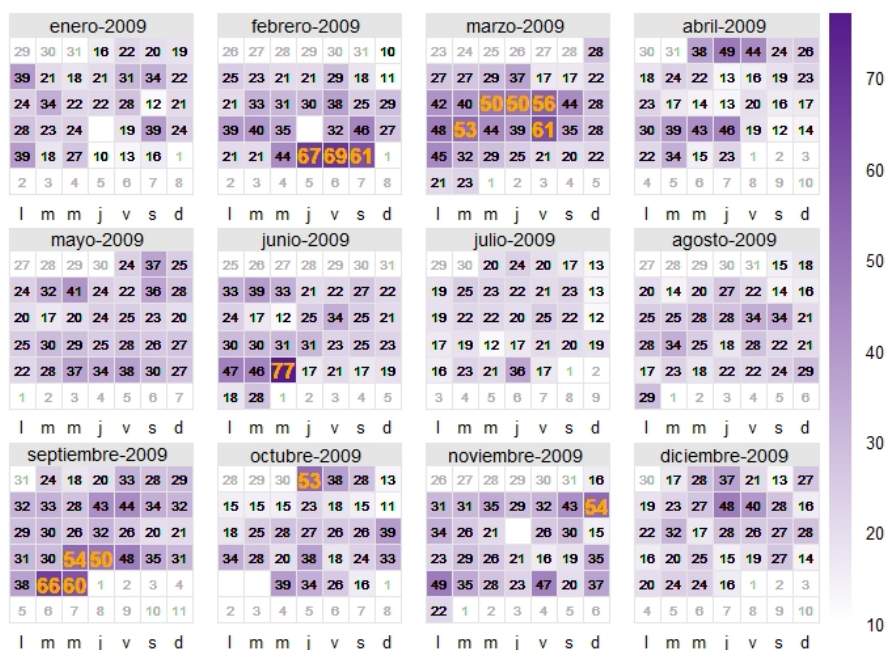


Figura 19. Calendario (años 2007-2008) con el nivel medio diario de PM₁₀ (µg/m³).

PM₁₀ en 2009



PM₁₀ en 2010

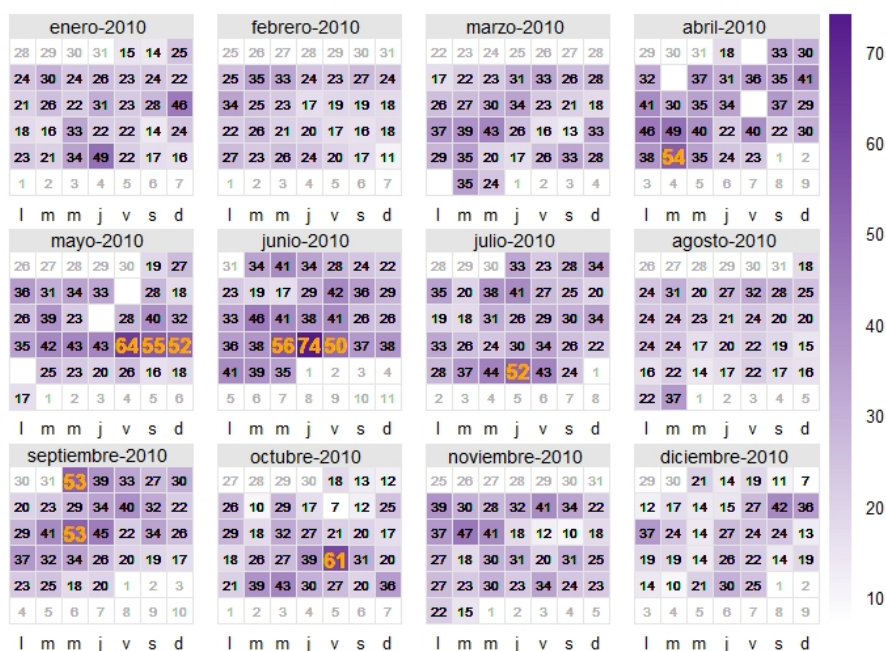
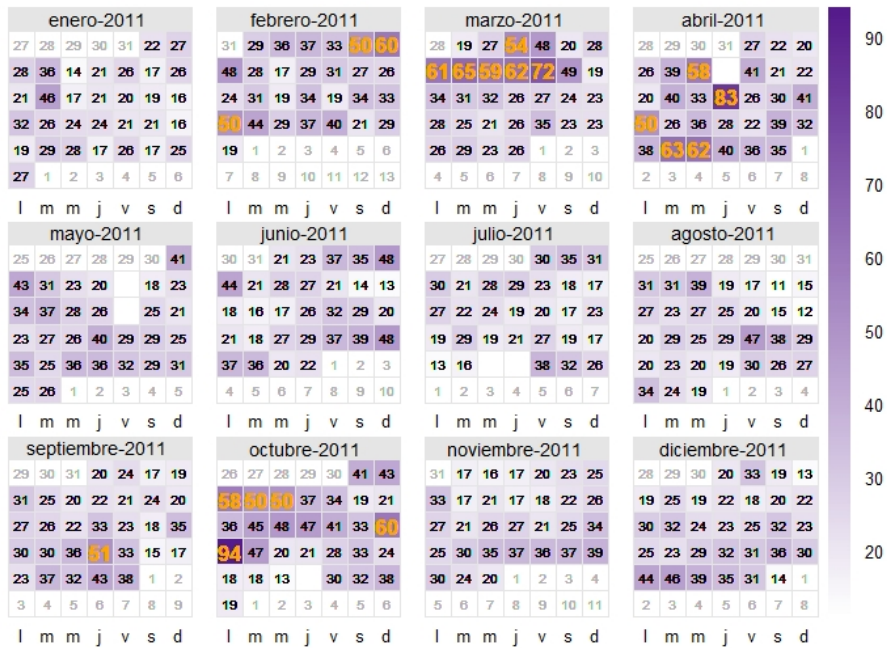


Figura 20. Calendario (años 2009-2010) con el nivel medio diario de PM₁₀ (µg/m³).

PM₁₀ en 2011



PM₁₀ en 2012

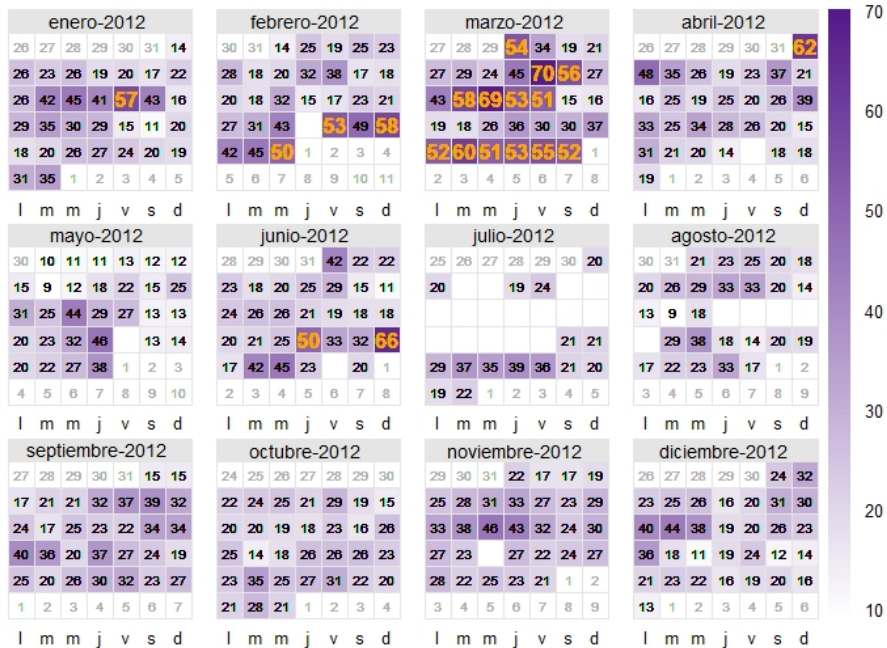
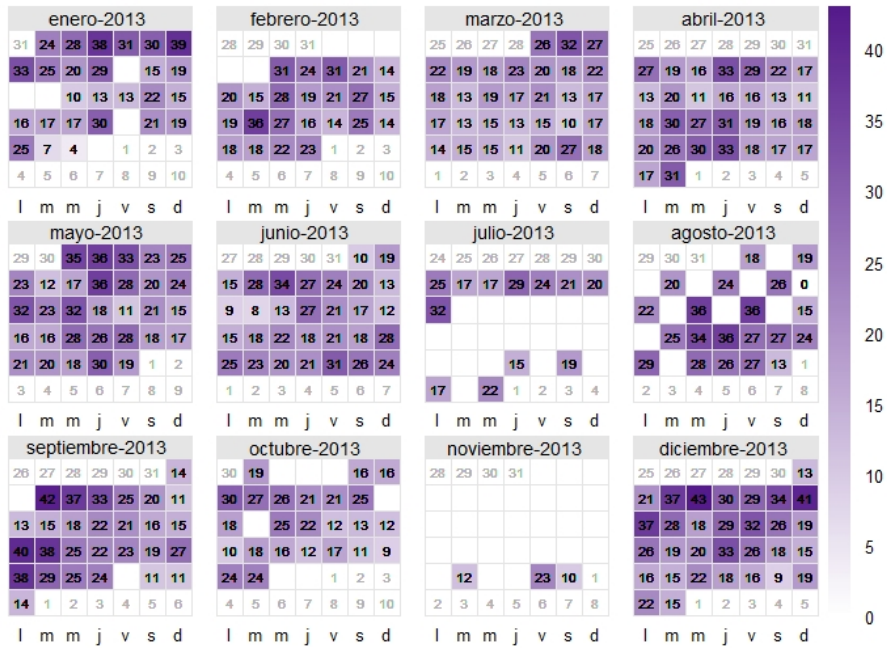


Figura 21. Calendario (año 2011-2012) con el nivel medio diario de PM₁₀ (µg/m³).

PM₁₀ en 2013



PM₁₀ en 2014

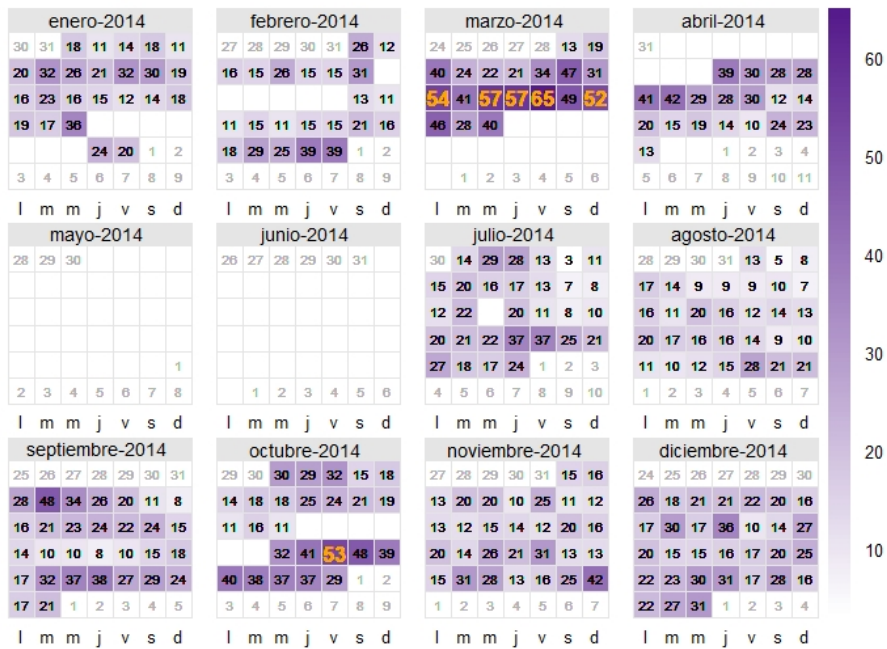
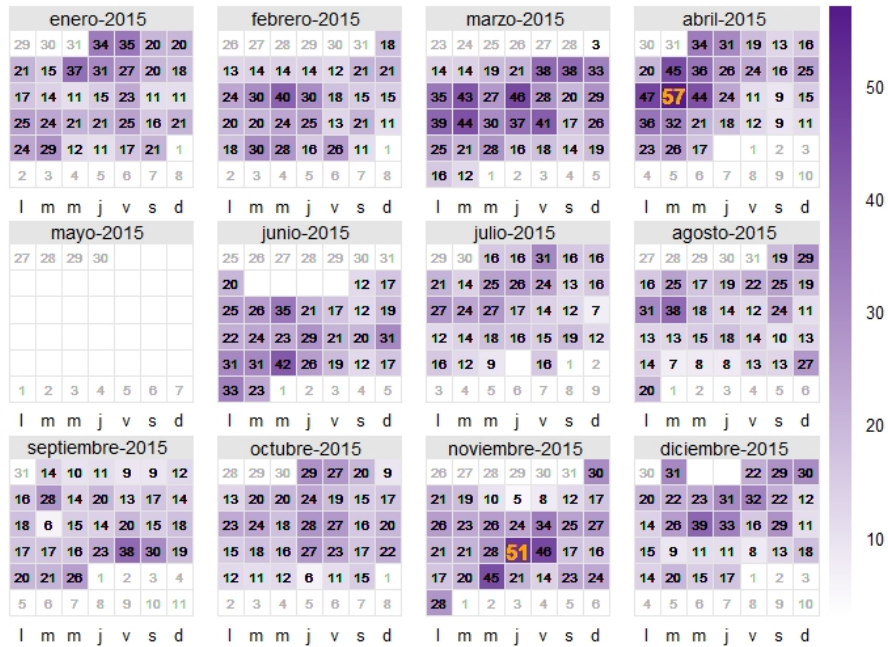


Figura 22. Calendario (año 2013-2014) con el nivel medio diario de PM₁₀ (µg/m³).

PM₁₀ en 2015



PM₁₀ en 2016

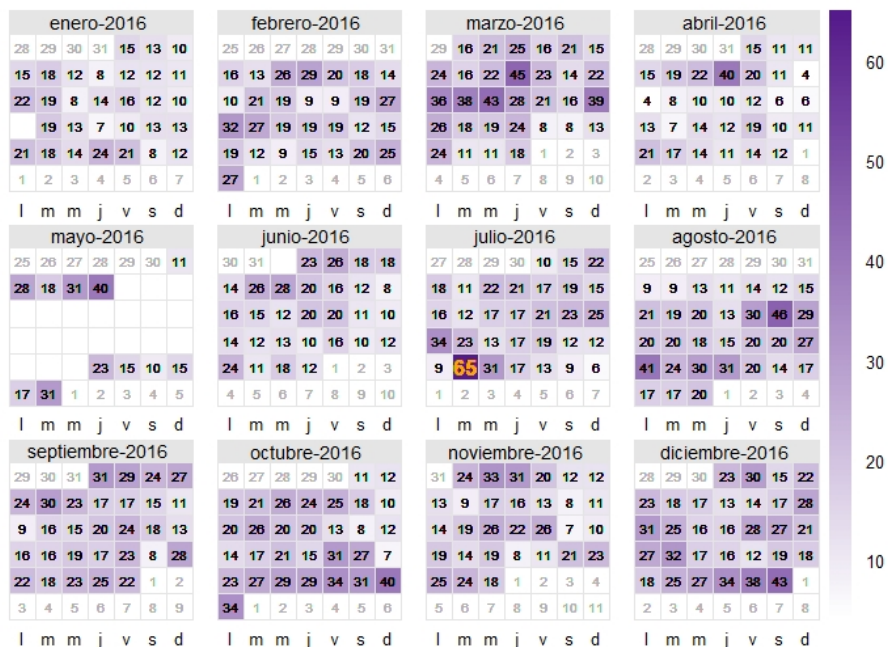
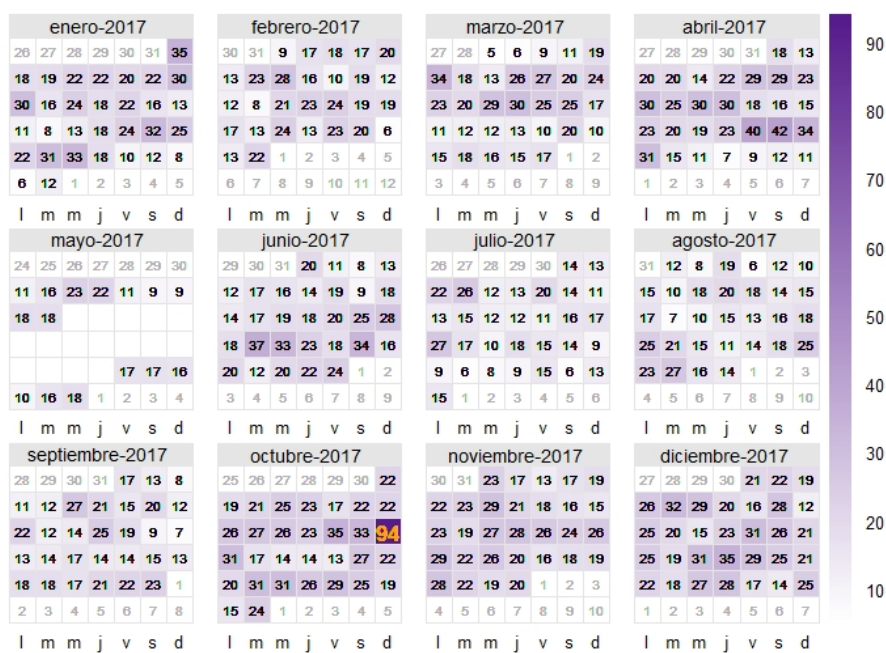


Figura 23. Calendario (año 2015-2016) con el nivel medio diario de PM₁₀ (µg/m³).

PM₁₀ en 2017



PM₁₀ en 2018

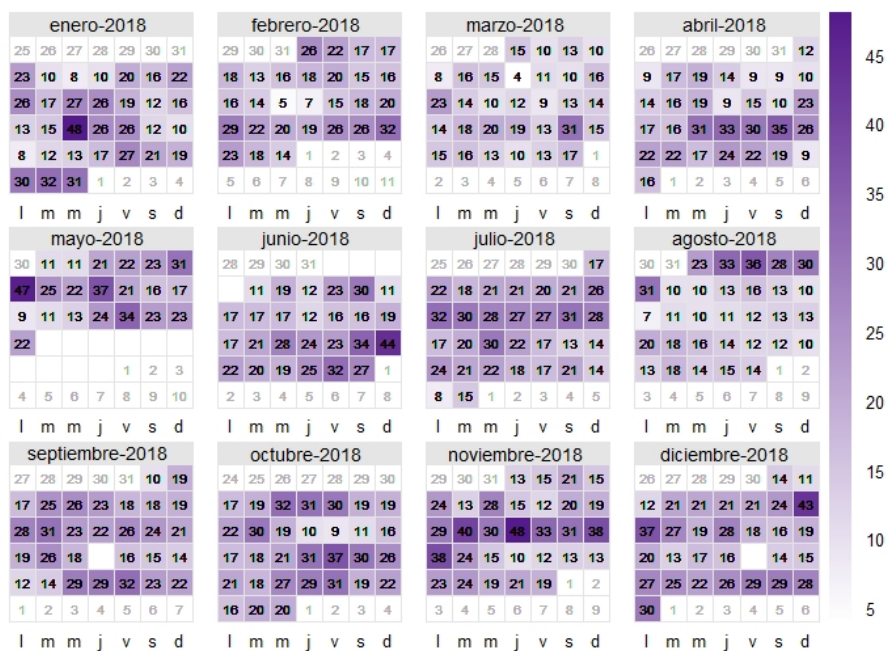
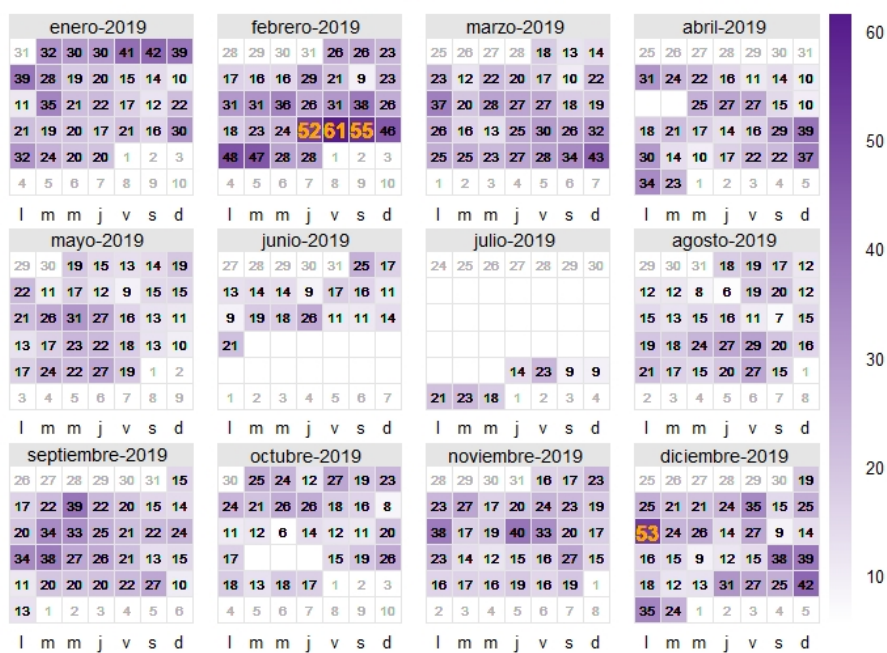


Figura 24. Calendario (años 2017-2018) con el nivel medio diario de PM₁₀ (µg/m³).

PM₁₀ en 2019



PM₁₀ en 2020

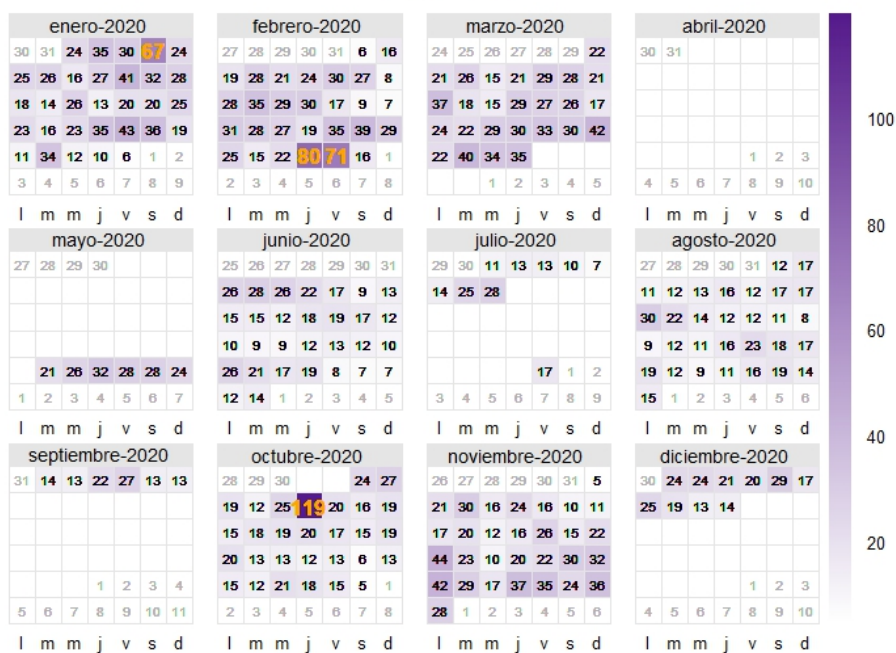


Figura 25. Calendario (años 2019-2020) con el nivel medio diario de PM₁₀ (µg/m³).

En la figura 26 se puede observar que las concentraciones de PM10 han disminuido a lo largo de los años 2007-2020, a razón de $-0,88 \mu\text{g}/\text{m}^3$ por año ($-1,08; -0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

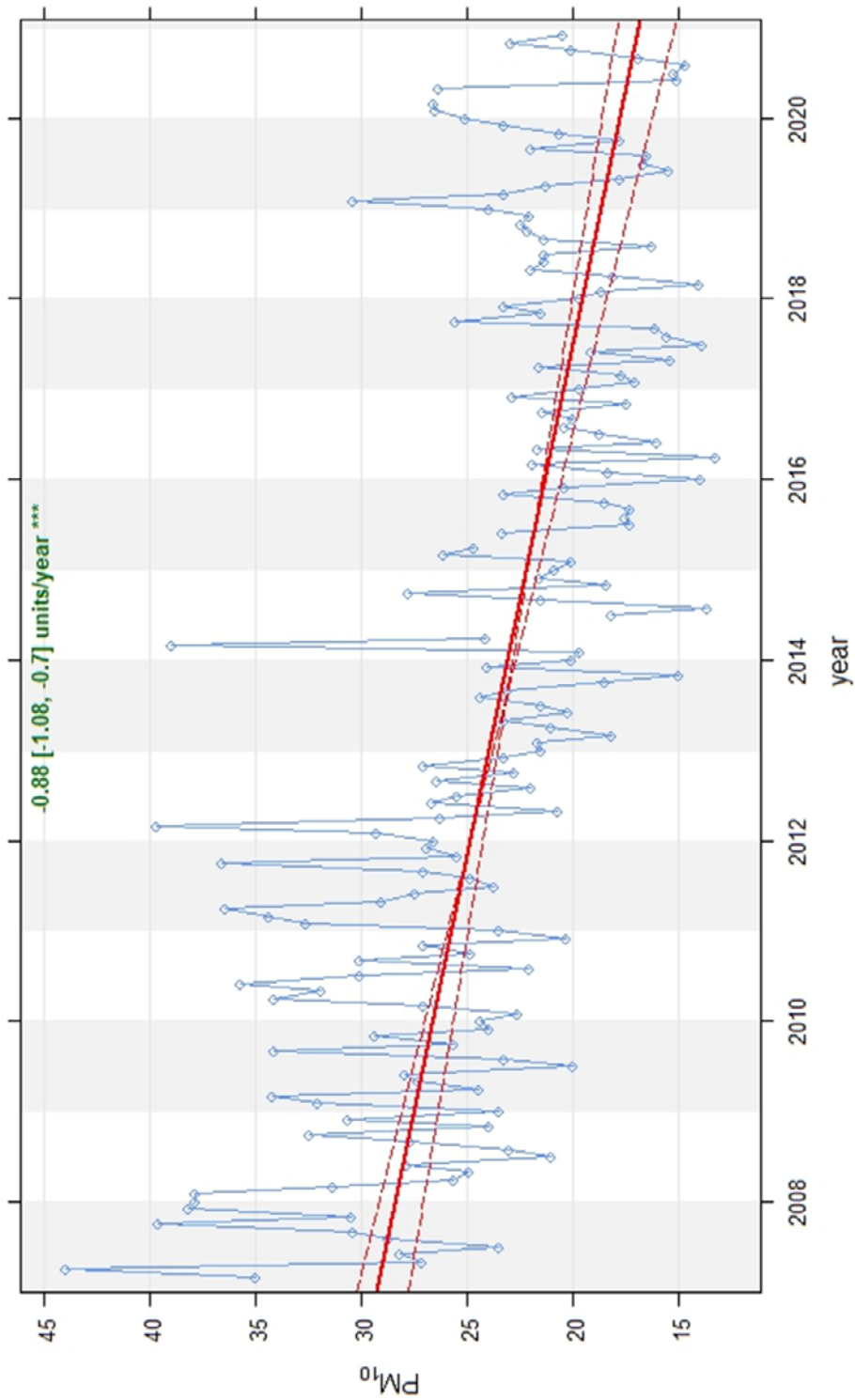


Figura 26. Medias mensuales y tendencia TheilSen (2007-2020). La línea sólida roja muestra la estimación de la tendencia y las líneas rojas punteadas muestran los intervalos de confianza al 99,9%. Los *** indican que la tendencia es significativa al nivel $p < 0,001$.

NIVELES DE PM₁₀, PM_{2,5} Y PM₁ SEGÚN ESPECTRÓMETRO LÁSER

A partir del año 2018 se ha dejado de utilizar el espectrómetro láser por lo que ya no se obtienen las fracciones granulométricas del material particulado, y lo que se presenta en este Anexo es el estudio realizado para el período 2007-2018.

En el año 2009 el espectrómetro láser estuvo fuera de servicio, a continuación se presenta la comparativa relativa a los años 2007-2008 y 2010-2018.

Tabla XIII. Factor gravimétrico.

Período	2007*	2008#	2010+	2011§	2012#	2013#	2014#
Primavera/verano	1,22	1,28	1,47	1,44	1,37	1,25	1,13
Otoño/invierno	1,31	1,22	1,43	1,46	1,38	1,17	1,16
MEDIA ANUAL	1,27	1,25	1,45	1,45	1,38	1,21	1,15

* 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, 2012, 2013 y 2014

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)

Período	2015	2016	2017	2018~
Primavera/verano	1,13	1,13	1,07	-
Otoño/invierno	1,09	1,13	1,11	1,18
MEDIA ANUAL	1,11	1,13	1,09	-

~En el año 2018 solamente hay datos del primer trimestre del año

Tabla XIV. Resumen de los valores (promedio mensual) correspondientes a la fracción granulométrica PM₁₀ (µg/m³) durante los años 2007-2008 y 2010-2018.

	PM ₁₀						
	2007*	2008#	2010+	2011§	2012#	2013#	2014#
Enero	-	30	-	-	20	17	18
Febrero	-	33	16	17	22	19	17
Marzo	-	22	19	19	28	15	28
Abril	-	20	22	25	15	17	19
Mayo	24	19	20	20	15	16	16
Junio	23	21	24	18	16	17	22
Julio	18	18	16	17	15	23	18
Agosto	22	19	13	17	-	17	14
Septiembre	24	21	18	17	18	19	21
Octubre	29	22	16	25	17	14	24
Noviembre	25	-	-	16	18	12	18
Diciembre	27	-	-	12	17	23	21
MEDIA ANUAL	24	22	16	18	18	17	20

* 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.

	PM ₁₀			
	2015	2016	2017	2018~
Enero	21	13	20	17
Febrero	19	14	14	16
Marzo	25	20	17	11
Abril	22	14	22	-
Mayo	16	19	16	-
Junio	20	16	20	-
Julio	15	15	14	-
Agosto	13	20	15	-
Septiembre	18	20	15	-
Octubre	19	21	24	-
Noviembre	21	17	17	-
Diciembre	19	22	21	-
MEDIA ANUAL	19	18	18	-

~En el año 2018 solamente hay datos del primer trimestre del año

Tabla XV. Resumen de los valores (promedio mensual) correspondientes a la fracción granulométrica PM_{2,5} (µg/m³) durante los años 2007-2008 y 2010- 2018.

	PM _{2,5}						
	2007*	2008#	2010+	2011§	2012#	2013#	2014#
Enero	-	22	-	-	17	14	15
Febrero	-	22	13	14	18	16	14
Marzo	-	16	15	15	22	13	23
Abril	-	15	18	17	13	14	16
Mayo	16	15	15	15	13	13	13
Junio	18	16	14	13	14	14	19
Julio	13	13	13	12	12	20	15
Agosto	16	14	11	13	-	14	11
Septiembre	18	16	15	13	15	15	18
Octubre	23	17	14	20	15	12	19
Noviembre	19	-	-	14	15	11	14
Diciembre	21	-	-	11	15	20	18
MEDIA ANUAL	18	17	14	14	15	15	16

* 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.

	PM _{2,5}			
	2015	2016	2017	2018~
Enero	18	11	18	14
Febrero	16	12	12	14
Marzo	20	16	14	10
Abril	16	10	17	-
Mayo	13	15	13	-
Junio	17	13	16	-
Julio	12	12	12	-
Agosto	11	16	12	-
Septiembre	14	16	12	-
Octubre	15	16	18	-
Noviembre	17	14	14	-
Diciembre	16	18	17	-
MEDIA ANUAL	15	14	15	-

~En el año 2018 solamente hay datos del primer trimestre del año

Tabla XVI. Resumen de los valores (promedio mensual) correspondientes a la fracción granulométrica PM₁ (µg/m³) durante los años 2007-2008 y 2010-2018.

PM ₁							
	2007*	2008#	2010+	2011\$	2012#	2013#	2014#
Enero	-	15	-	-	12	9	10
Febrero		16	9	11	14	11	9
Marzo	-	10	10	12	16	9	17
Abril	-	10	13	12	8	9	11
Mayo	10	11	10	10	8	9	8
Junio	12	11	13	8	10	10	14
Julio	9	8	8	8	8	14	11
Agosto	10	10	7	9	-	10	7
Septiembre	12	11	10	9	10	10	13
Octubre	17	11	10	15	11	5	13
Noviembre	14	-	-	10	10	7	10
Diciembre	18	-	-	8	10	14	13
MEDIA ANUAL	13	11	10	10	11	10	11

* 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.

PM ₁				
	2015	2016	2017	2018~
Enero	14	7	13	9
Febrero	11	8	8	10
Marzo	15	12	9	6
Abril	11	7	13	-
Mayo	8	11	9	-
Junio	12	9	12	-
Julio	8	8	8	-
Agosto	8	11	8	-
Septiembre	9	11	8	-
Octubre	11	11	14	-
Noviembre	12	10	10	-
Diciembre	11	14	13	-
MEDIA ANUAL	11	10	10	-

~En el año 2018 solamente hay datos del primer trimestre del año

Tabla XVII. Valores de las ratios $PM_{2,5}/PM_{10}$ entre las diferentes fracciones granulométricas durante los años 2007-2008 y 2010-2018.

	$PM_{2,5}/PM_{10}$						
	2007*	2008#	2010+	2011 ^s	2012#	2013#	2014#
Enero	-	0,74	-	-	0,83	0,84	0,83
Febrero	-	0,68	0,80	0,85	0,85	0,84	0,84
Marzo	-	0,73	0,78	0,79	0,78	0,86	0,83
Abril	-	0,75	0,80	0,68	0,85	0,81	0,84
Mayo	0,69	0,81	0,77	0,76	0,85	0,82	0,81
Junio	0,74	0,76	0,78	0,75	0,85	0,86	0,85
Julio	0,75	0,71	0,85	0,74	0,81	0,84	0,84
Agosto	0,73	0,77	0,83	0,75	-	0,84	0,81
Septiembre	0,74	0,77	0,82	0,77	0,87	0,82	0,85
Octubre	0,79	0,76	0,86	0,78	0,90	0,89	0,80
Noviembre	0,78	-	-	0,85	0,83	0,90	0,82
Diciembre	0,79	-	-	0,93	0,86	0,85	0,85
MEDIA ANUAL	0,75	0,75	0,81	0,79	0,84	0,85	0,83

* 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.

^s en el año 2011 el muestreo se realiza desde febrero a diciembre.

	$PM_{2,5}/PM_{10}$			
	2015	2016	2017	2018~
Enero	0,86	0,86	0,87	0,84
Febrero	0,84	0,86	0,86	0,86
Marzo	0,81	0,82	0,82	0,89
Abril	0,75	0,76	0,81	-
Mayo	0,80	0,77	0,86	-
Junio	0,82	0,84	0,83	-
Julio	0,77	0,78	0,83	-
Agosto	0,89	0,79	0,80	-
Septiembre	0,79	0,79	0,78	-
Octubre	0,82	0,79	0,79	-
Noviembre	0,81	0,85	0,81	-
Diciembre	0,83	0,82	0,84	-
MEDIA ANUAL	0,82	0,81	0,82	-

~En el año 2018 solamente hay datos del primer trimestre del año

Tabla XVIII. Valores de las ratios $PM_1/PM_{2,5}$ entre las diferentes fracciones granulométricas durante los años 2007-2008 y 2010-2018.

	$PM_1/PM_{2,5}$						
	2007*	2008#	2010+	2011§	2012#	2013#	2014#
Enero	-	0,69	-	-	0,73	0,66	0,63
Febrero	-	0,74	0,65	0,75	0,75	0,69	0,61
Marzo	-	0,61	0,66	0,70	0,75	0,66	0,74
Abril	-	0,65	0,70	0,72	0,65	0,64	0,70
Mayo	0,61	0,69	0,66	0,67	0,67	0,64	0,65
Junio	0,65	0,67	0,68	0,64	0,69	0,67	0,73
Julio	0,63	0,63	0,65	0,65	0,65	0,74	0,70
Agosto	0,63	0,66	0,63	0,66	-	0,67	0,64
Septiembre	0,67	0,70	0,67	0,66	0,68	0,68	0,74
Octubre	0,74	0,66	0,66	0,76	0,71	0,67	0,71
Noviembre	0,71	-	-	0,71	0,68	0,64	0,67
Diciembre	0,82	-	-	0,69	0,69	0,74	0,73
MEDIA ANUAL	0,69	0,67	0,66	0,69	0,70	0,68	0,69

* 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.

	$PM_1/PM_{2,5}$			
	2015	2016	2017	2018~
Enero	0,74	0,65	0,73	0,66
Febrero	0,68	0,67	0,65	0,68
Marzo	0,72	0,72	0,65	0,62
Abril	0,68	0,63	0,71	-
Mayo	0,65	0,71	0,68	-
Junio	0,71	0,70	0,69	-
Julio	0,64	0,66	0,66	-
Agosto	0,67	0,71	0,64	-
Septiembre	0,68	0,69	0,64	-
Octubre	0,72	0,71	0,71	-
Noviembre	0,71	0,72	0,69	-
Diciembre	0,61	0,76	0,71	-
MEDIA ANUAL	0,69	0,69	0,68	-

~En el año 2018 solamente hay datos del primer trimestre del año

Tabla XIX. Valores de las ratios PM_1/PM_{10} entre las diferentes fracciones granulométricas durante los años 2007-2008 y 2010-2018.

	PM_1/PM_{10}						
	2007*	2008#	2010+	2011§	2012#	2013#	2014#
Enero	-	0,51	-	-	0,61	0,55	0,53
Febrero	-	0,50	0,52	0,63	0,64	0,58	0,51
Marzo	-	0,45	0,52	0,56	0,59	0,57	0,61
Abril	-	0,49	0,56	0,49	0,55	0,52	0,59
Mayo	0,42	0,56	0,50	0,51	0,56	0,52	0,53
Junio	0,49	0,51	0,53	0,48	0,59	0,58	0,63
Julio	0,48	0,45	0,55	0,48	0,53	0,62	0,58
Agosto	0,46	0,51	0,53	0,50	-	0,57	0,52
Septiembre	0,50	0,54	0,55	0,52	0,60	0,56	0,63
Octubre	0,59	0,50	0,57	0,59	0,64	0,60	0,57
Noviembre	0,56	-	-	0,60	0,56	0,58	0,54
Diciembre	0,65	-	-	0,64	0,60	0,63	0,62
MEDIA ANUAL	0,52	0,50	0,54	0,55	0,59	0,57	0,57

* 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.

	PM_1/PM_{10}			
	2015	2016	2017	2018~
Enero	0,64	0,56	0,64	0,55
Febrero	0,57	0,57	0,56	0,58
Marzo	0,58	0,59	0,53	0,55
Abril	0,51	0,48	0,58	-
Mayo	0,52	0,54	0,58	-
Junio	0,59	0,58	0,57	-
Julio	0,50	0,52	0,55	-
Agosto	0,60	0,56	0,52	-
Septiembre	0,54	0,55	0,50	-
Octubre	0,59	0,56	0,56	-
Noviembre	0,57	0,62	0,56	-
Diciembre	0,59	0,63	0,59	-
MEDIA ANUAL	0,57	0,56	0,56	-

~En el año 2018 solamente hay datos del primer trimestre del año

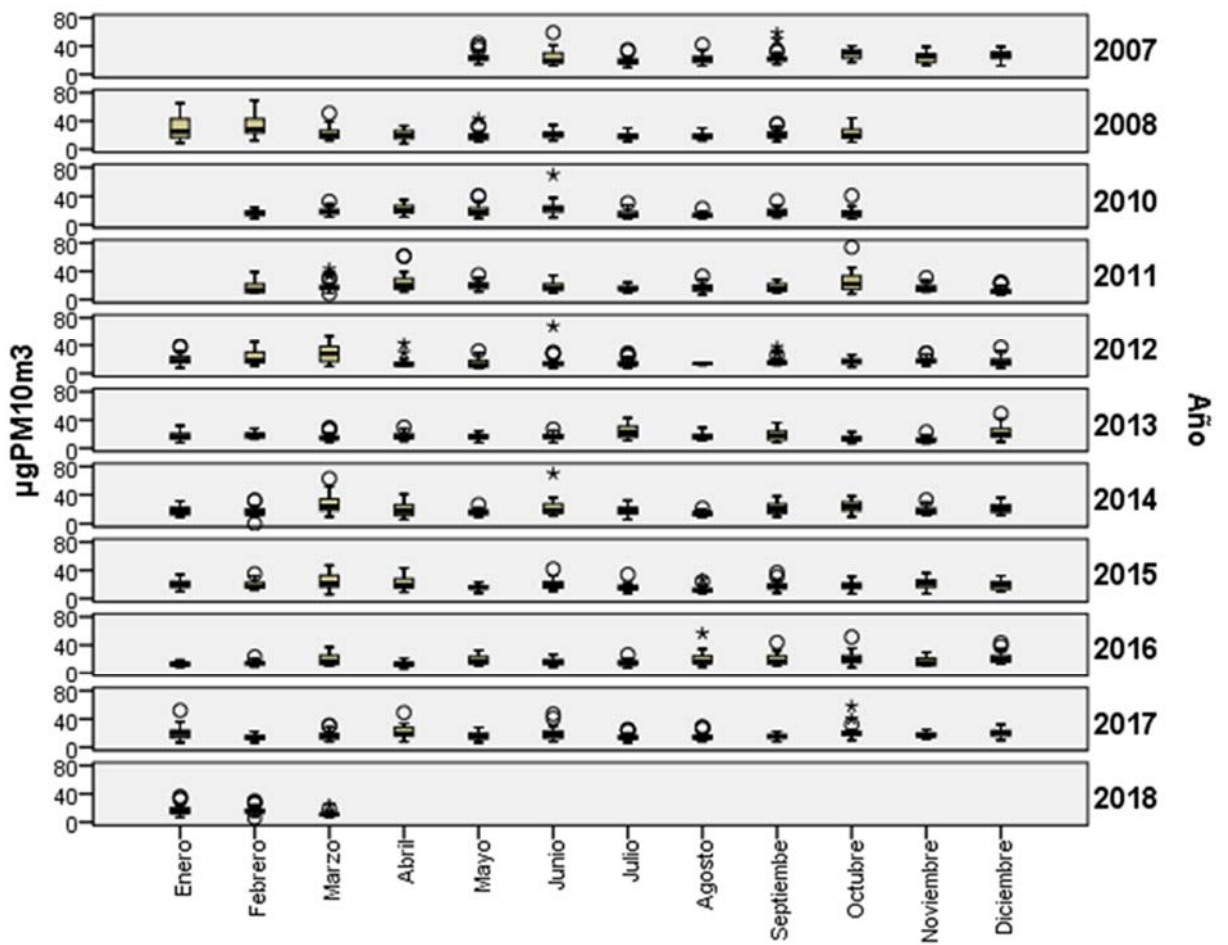


Figura 27. Diagramas de Box-Whisker para los niveles medios diarios de PM₁₀ (método automático) para los diferentes meses de muestreo durante los años 2007-2008 y 2010- 2018.

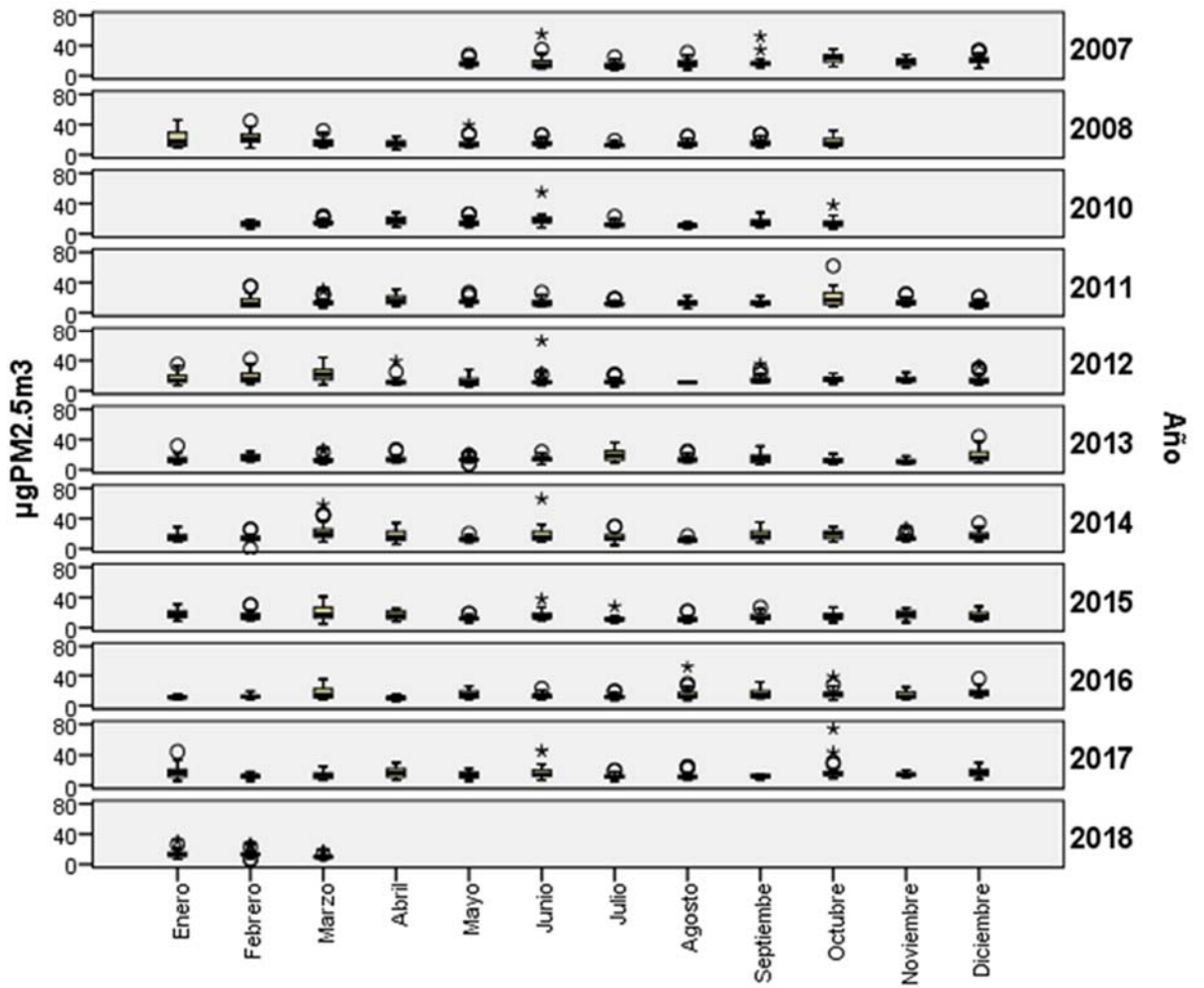


Figura 28. Diagramas de Box-Whisker para los niveles medios diarios de PM_{2.5} (método automático) para los diferentes meses de muestreo durante los años 2007-2008 y 2010-2018.

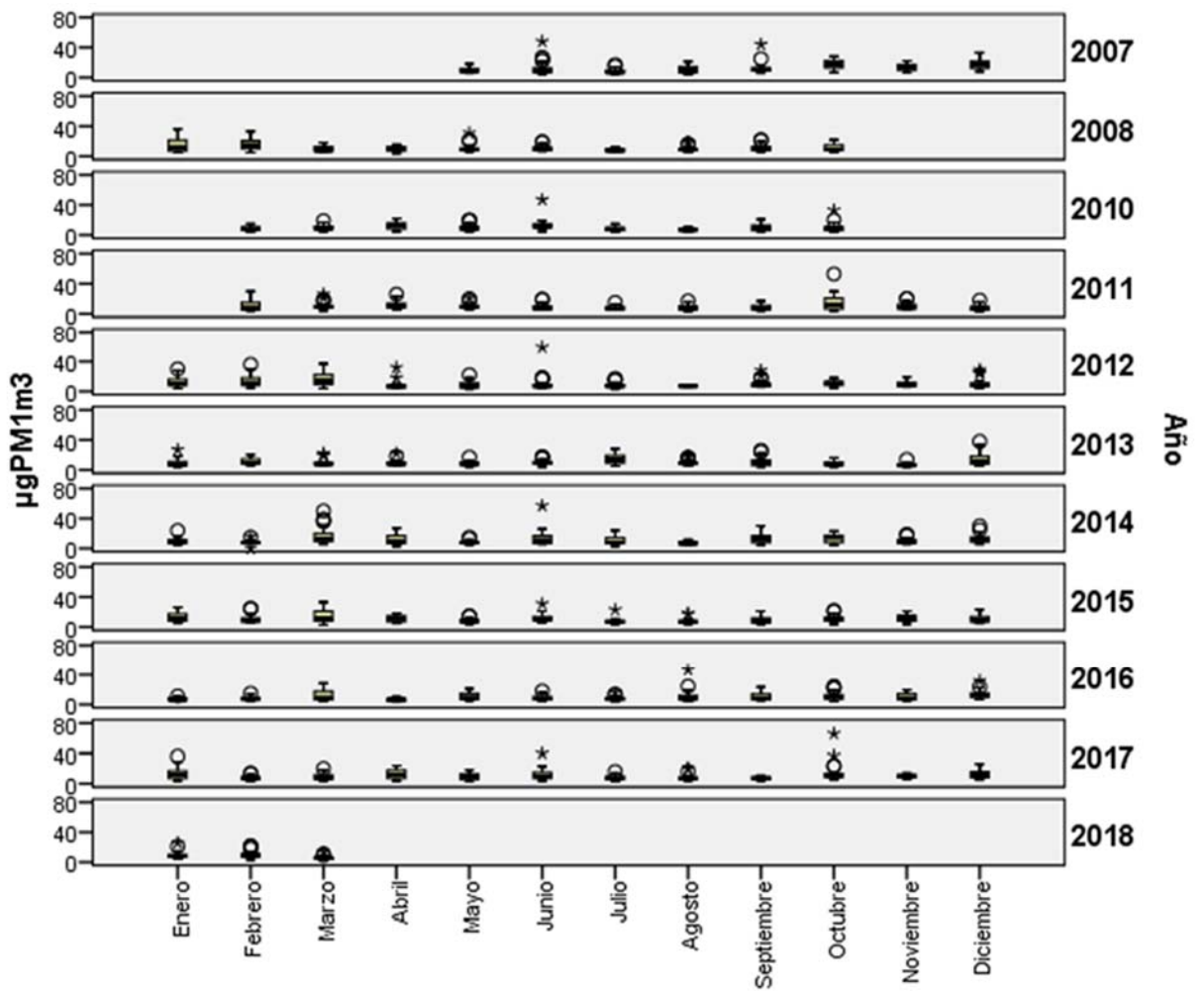


Figura 29. Diagramas de Box-Whisker para los niveles medios diarios de PM_{10} (método automático) para los diferentes meses de muestreo durante los años 2007-2008 y 2010-2018.

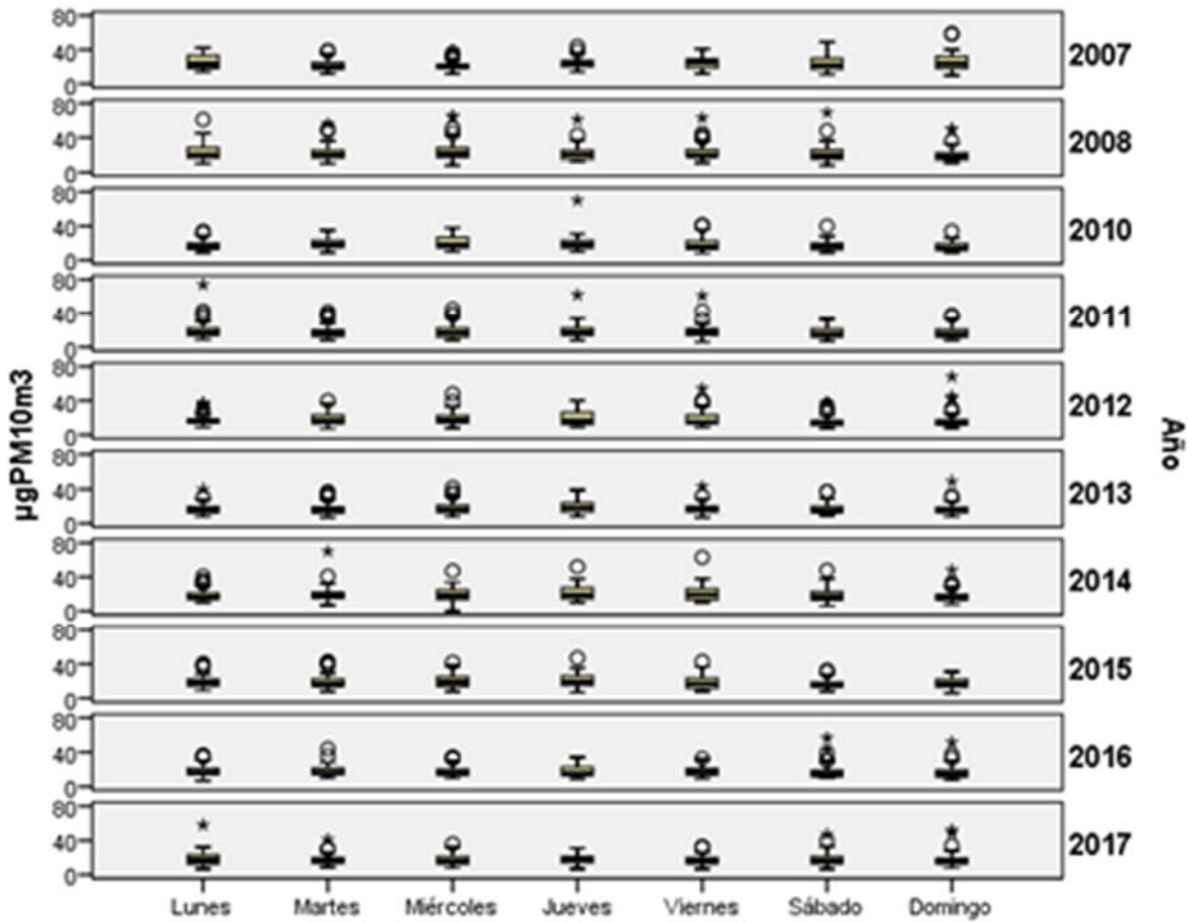


Figura 30. Diagramas de Box-Whisker de los niveles medios diarios (método automático) de PM₁₀ para los diferentes días de la semana durante los años 2007-2008 y 2010-2017 (en el año 2018 solamente hay datos de los tres primeros meses y no se representan).

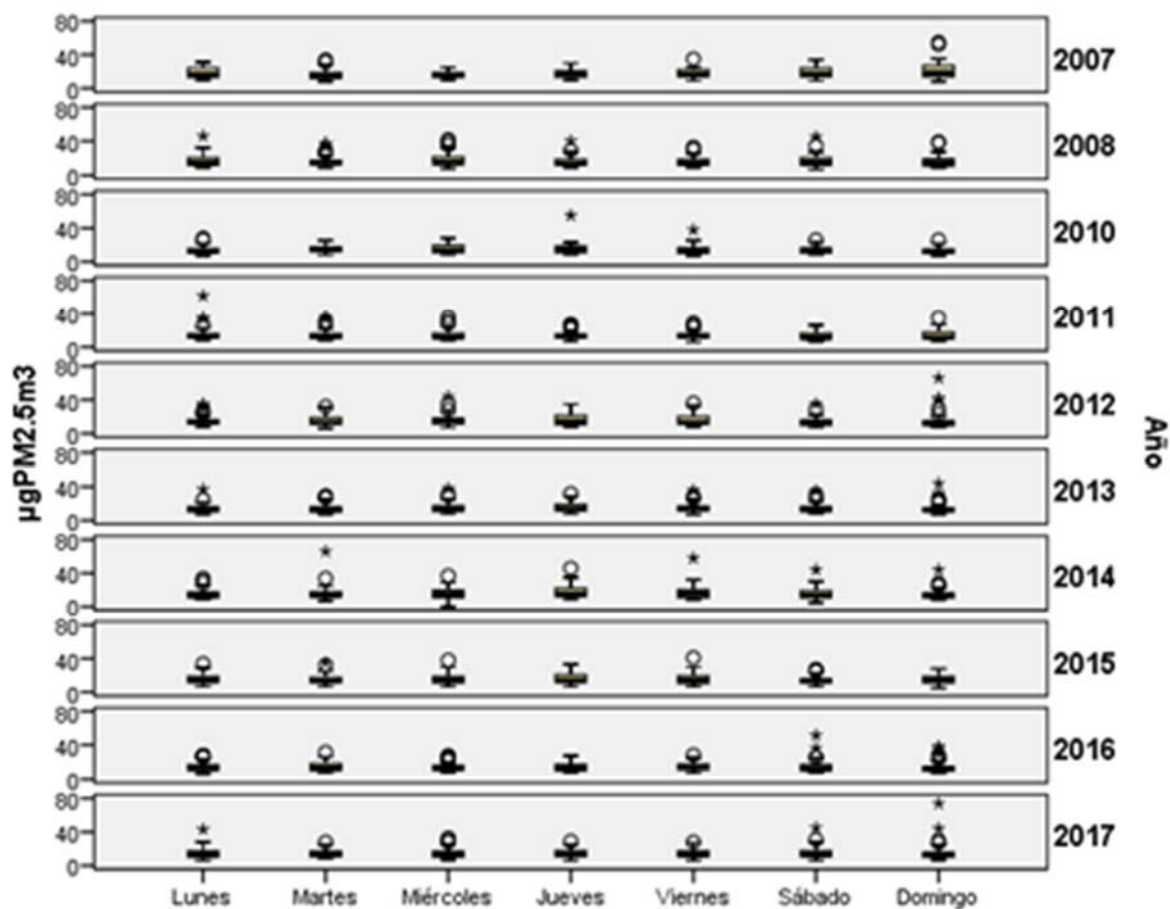


Figura 31. Diagramas de Box-Whisker de los niveles medios diarios (método automático) de $PM_{2.5}$ para los diferentes días de la semana durante los años 2007-2008 y 2010-2017 (en el año 2018 solamente hay datos de los tres primeros meses y no se representan).

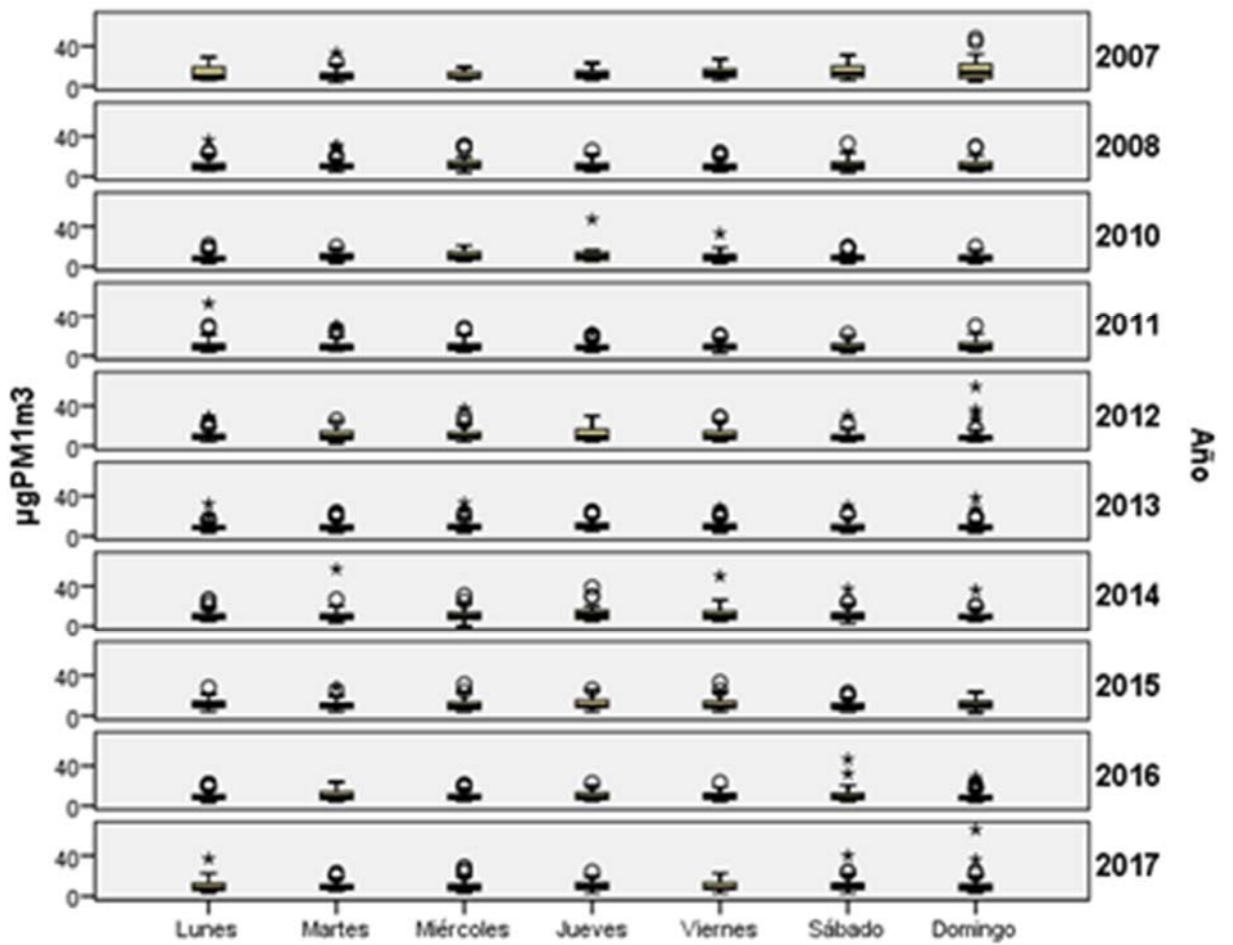


Figura 32. Diagramas de Box-Whisker de los niveles medios diarios (método automático) de PM_1 para los diferentes días de la semana durante los años 2007-2008 y 2010-2017 (en el año 2018 solamente hay datos de los tres primeros meses y no se representan).

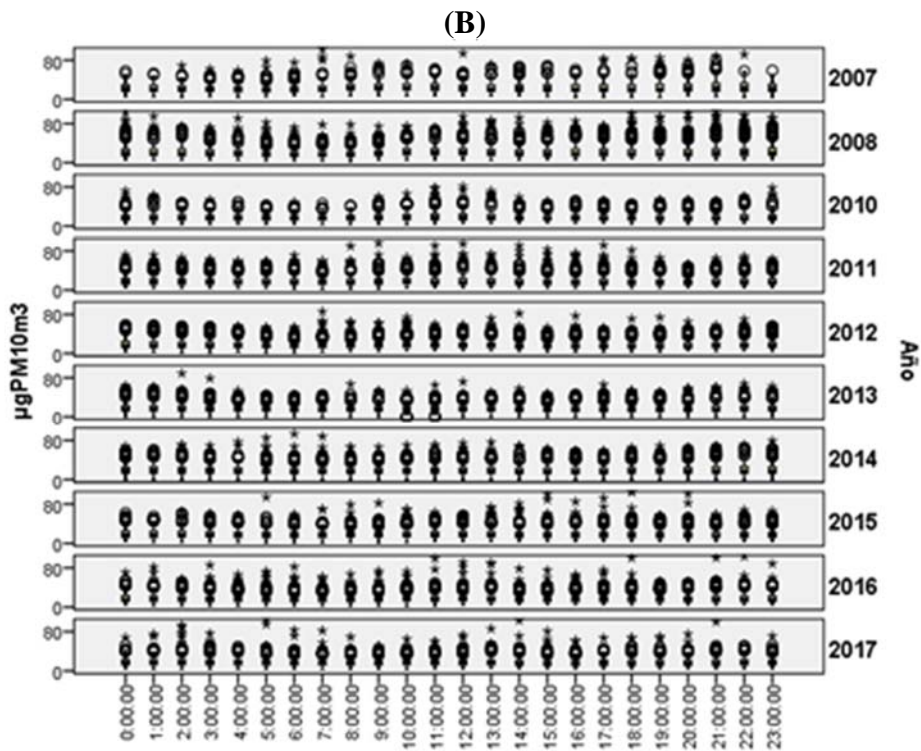
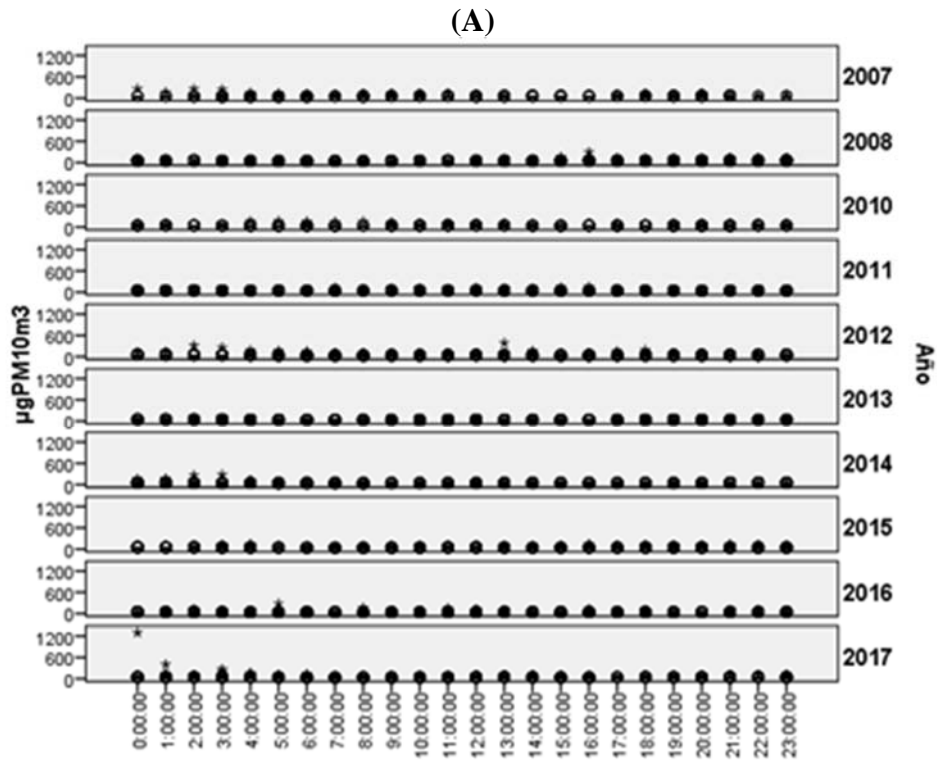


Figura 33. Diagramas de Box-Whisker de los niveles medios horarios (método automático) de PM_{10} durante los años 2007- 2008 y 2010-2017 (en el año 2018 solamente hay datos de los tres primeros meses y no se representan). (A) Representación de todas las medidas (B) Eliminados de la representación los valores más altos.

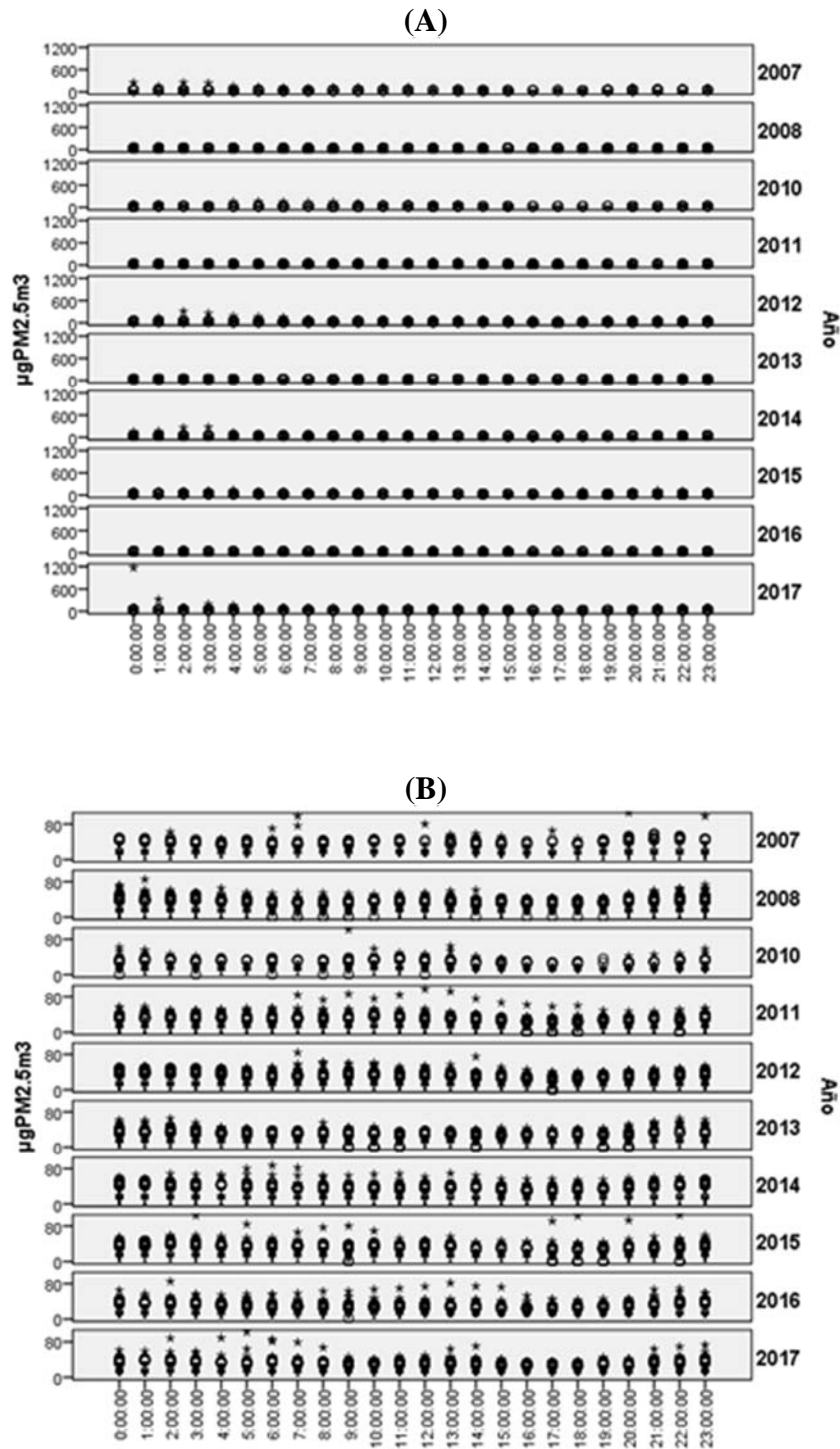


Figura 34. Diagramas de Box-Whisker de los niveles medios horarios (método automático) de $PM_{2.5}$ durante los años 2007-2008 y 2010-2017 (en el año 2018 solamente hay datos de los tres primeros meses y no se representan). (A) Representación de todas las medidas (B) Eliminados de la representación los valores más altos.

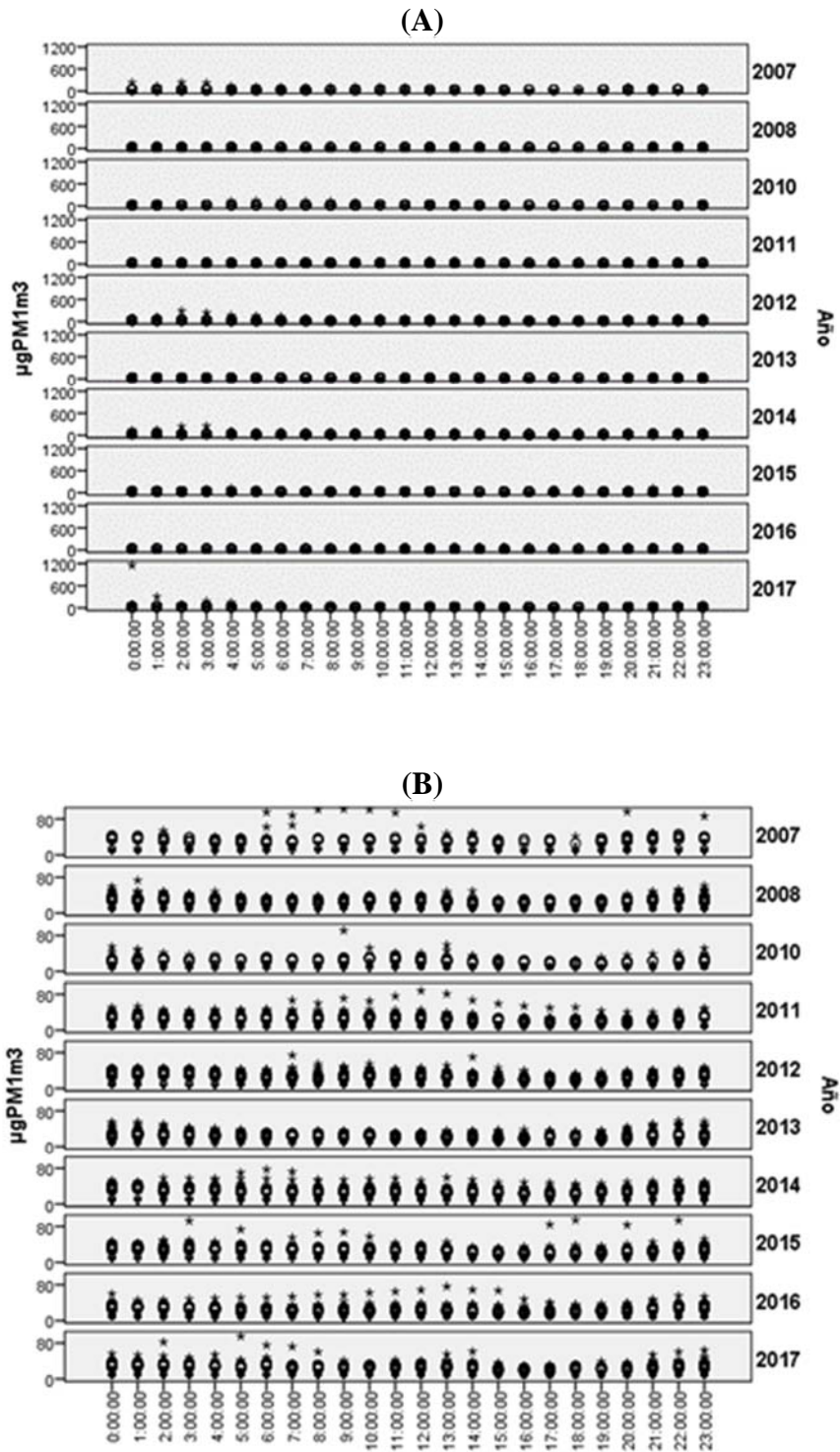


Figura 35. Diagramas de Box-Whisker de los niveles medios horarios (método automático) de PM_1 durante los años 2007-2008 y 2010-2017 (en el año 2018 solamente hay datos de los tres primeros meses y no se representan). (A) Representación de todas las medidas (B) Eliminados de la representación los valores más altos.