



CONSULTORÍA DESARROLLO URBANO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

Huella Urbana e histórica, escenarios de crecimiento urbano y estudios
Básicos sobre mitigación y adaptación al cambio climático en Valdivia

Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero

Anexo 7- Estudio de la calidad del aire

Índice

1	INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES	3
2	LEGISLACIÓN VIGENTE EN MATERIA DE CALIDAD DEL AIRE	4
2.1	Norma de calidad primaria para Material Particulado Respirable PM10	5
2.2	Norma de calidad primaria para Material Particulado Fino Respirable PM2,5	6
3	ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE	8
3.1	Análisis de la Calidad del Aire para Material Particulado Respirable PM10 y Material Particulado Fino PM2,5	10
3.1.1	Año 2008	10
3.1.2	Año 2009	11
3.1.3	Año 2010	13
3.1.4	Año 2011	15
3.1.5	Año 2012	17
3.2	Cuadro resumen	19
3.3	Conclusiones	19

Índice de Tablas

Tabla 1:	Niveles de emergencia según material particulado Respirable	6
Tabla 2:	Niveles de situación de emergencia según material particulado (concentración 24h)	7
Tabla 3:	Promedios mensuales registrados de material particulado (PM10 y PM2,5) en la estación del Parque Kraemer (2008-2012)	9
Tabla 4:	Superación de valores de PM10 en el año 2008 que alcanzaron valores de emergencia.	10
Tabla 5:	Superación de valores de PM10 en el año 2009 que alcanzaron valores de emergencia	12
Tabla 6:	Superación de valores de PM2,5 en el año 2009 que alcanzaron valores de emergencia	12
Tabla 7:	Superación de valores de PM10 en el año 2010 que alcanzaron valores de emergencia	14
Tabla 8:	Superación de valores de PM2,5 en el año 2010 que alcanzaron valores de emergencia	15
Tabla 9:	Superación de valores de PM10 en el año 2011 que alcanzaron valores de emergencia	16
Tabla 10:	Superación de valores de PM2,5 en el año 2011 que alcanzaron valores de emergencia	16
Tabla 11:	Superación de valores de PM10 en el año 2012 que alcanzaron valores de emergencia	18
Tabla 12:	Superación de valores de PM2,5 en el año 2012 que alcanzaron valores de emergencia	18
Tabla 13:	Número de días que se alcanzan los niveles definidos en la normativa de PM10	19
Tabla 14:	Número de días que se alcanzan los niveles definidos en la normativa de PM2,5	19
Tabla 15:	Contabilización de la reducción de PM10 en las fichas de acciones	21
Tabla 16:	Fichas de acciones en las que no se ha podido realizar una cuantificación de las emisiones de PM10	21

Índice de Figuras

Figura 1-	Ubicación de la Estación de Monitoreo Parque Kraemer, operativa desde el 17 de enero de 2008.	8
-----------	--	---

Figura 2 Concentraciones de PM10 y PM2,5 registradas durante el año 2008 en la estación ubicada en el parque Krahmer.	10
Figura 3 Concentraciones de PM10 y PM2,5 registradas durante el año 2009 en la estación ubicada en el parque Krahmer.	11
Figura 4 Concentraciones de PM10 y PM2,5 registradas durante el año 2010 en la estación ubicada en el parque Krahmer.	13
Figura 5 Concentraciones de PM10 y PM2,5 registradas durante el año 2011 en la estación ubicada en el parque Krahmer.	15
Figura 6 Concentraciones de PM10 y PM2,5 registradas durante el año 2012 en la estación ubicada en el parque Krahmer.	17

1 INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El objetivo de este apartado es describir y evaluar la calidad actual del aire en Valdivia y determinar si se superan los niveles de inmisión propuestos como límites en la legislación aplicable.

Para establecer si la calidad del aire de un determinado emplazamiento es buena se tienen que obtener los datos disponibles en las Estaciones de Control de la Calidad del Aire y comprobar que se cumple con la legislación vigente.

Tras constatar la falta de información publicada y la ausencia de datos disponibles en una estación representativa para la caracterización de la calidad del aire en Valdivia, IDOM, solicitó a la SEREMI de Medio Ambiente, a través de la SUBDERE, los datos disponibles. El único contaminante para el que existen datos en la Comuna de Valdivia es material particulado (PM, por sus siglas en inglés). No existen datos de otros contaminantes como óxidos de nitrógeno y ozono en la Comuna de Valdivia, siendo los más cercanos de la estación de medida ubicada en Máfil. Por la orografía de la Provincia de Valdivia, los valores ofrecidos por esta estación de medida no son representativos de la Comuna de Valdivia.

En cualquier caso, el principal aspecto ambiental de la Comuna de Valdivia desde el punto de vista de contaminación atmosférica es la emisión de partículas, asociada al consumo de leña en los meses de invierno, especialmente en el sector residencial. La contaminación del aire en Valdivia se explica principalmente por tres factores:

1. Viviendas con altas demandas energéticas, por la escasa o nula aislación térmica.
2. Artefactos con altas emisiones y baja eficiencia
3. Leña húmeda o de mala calidad.

Así, en el mes de diciembre, Bajo Ordinario N° 6412, la SEREMI remitió los datos de calidad del aire para los contaminantes PM10 y PM2,5; datos (promedios diarios) correspondientes a la estación del parque Krahrmer, durante el periodo 2008-2012.

En términos generales, la calidad del aire en Valdivia no es buena, aunque no existe declaración de zona saturada de contaminación como tal.

No obstante, el Ministerio del Medio Ambiente trabaja en la actualidad en reducir los altos índices de contaminación atmosférica, tanto de Valdivia, como de otras ciudades de Chile.

Estudiaremos en este anexo la evolución y tendencia del material particulado en función de los meses durante el periodo comprendido entre los años 2008 y 2012.

2 LEGISLACIÓN VIGENTE EN MATERIA DE CALIDAD DEL AIRE

Los Decretos Supremos (D.S.) de aplicación, para la determinación de la calidad del aire en Valdivia para los contaminantes PM10 (Material particulado respirable) y PM2,5 (Material particulado fino) son:

Norma de calidad primaria para Material Particulado Respirable PM10

D.S. n°59 de 16 de marzo de 1998 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República (D.O. 25.05.1998) modificado por el D.S. n° D.S. 45 de 2001, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República (D.O. 11.09.01).

Norma de calidad primaria para Material Particulado Fino Respirable PM2,5

Decreto n°12 , de 18 de Enero de 2011 del Ministerio de Medio Ambiente, por el que se establece la norma primaria de Calidad Ambiental para Material Particulado Fino respirable PM 2,5.

Cabe mencionar en este punto, el recientemente aprobado nuevo decreto para la calidad primaria para material particulado Respirable (PM10), con fecha de uno de enero de 2014. No obstante y puesto que los datos que analizaremos en este apartado, tratan de años precedentes (2008-2012), no resultará de aplicación.

Se citan a continuación, algunos de los conceptos que introducen los D.S.:

- **Material particulado respirable PM10:** Material particulado con diámetro aerodinámico menor o igual que 10 micrones.
- **Material particulado fino PM2,5:** Material particulado con diámetro aerodinámico menor o igual que 2,5 micrones.
- **Diámetro aerodinámico:** Indicador del tamaño de las partículas y corresponde al tamaño de una partícula esférica de densidad unitaria, que tiene la misma velocidad de sedimentación que la partícula de interés.
- **Concentración:** El valor promedio temporal detectado en el aire en microgramos por metro cúbico normal (mg/m³N) de material particulado respirable.
- **EMRP (estación de monitoreo de material particulado respirable PM10 con representatividad poblacional):** Estación de monitoreo de material particulado respirable PM10 con representatividad poblacional (EMRP): Una estación de monitoreo podrá clasificarse como EMRP si se cumplen simultáneamente los siguientes criterios: i) que exista al menos un área edificada habitada en un círculo de radio de 2 km, contados desde la ubicación de la estación; ii) que esté colocada a más de 15m de la calle o avenida más cercana, y a más de 50m de la calle o avenida más cercana que tenga un flujo igual o superior a 2.500 vehículos/día; iii) que esté colocada a más de 50m de la salida de un sistema de calefacción (que utilice carbón, leña o petróleo equivalente a petróleo-2 o superior) o de otras fuentes fijas similares. Una EMRP tendrá un área de representatividad para la población expuesta consistente en un círculo de radio de 2 km, contados desde la ubicación de la estación.

- **Percentil:** Corresponde al valor "q" calculado a partir de valores de concentración aproximados al ppbv o $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ más cercano.
- **Concentración mensual:** media aritmética de los valores efectivamente medidos de concentración de 24 horas en cada estación monitorea, en un mes calendario. Sólo se considerará como valor de concentración mensual válido, aquel que resulte de al menos el 75% de las mediciones programadas para el mes, de acuerdo a la periodicidad de monitoreo previamente definida.
- **Concentración anual:** media aritmética de los valores de concentración mensual encada estación monitorea, en un año calendario.
- **ppbv:** Unidad de medida de concentración en volumen, correspondiente a una parte por billón.
- **Año calendario:** Periodo que se inicia el 1° de enero y culmina el 31 de diciembre del mismo año.
- **Estación de monitoreo con representatividad poblacional (EMRPG):** Una estación de monitoreo que se encuentra localizada en un área habitada.

Se entiende como área habitada, una porción del territorio donde vive habitual y permanentemente un conjunto de personas.

2.1 Norma de calidad primaria para Material Particulado Respirable PM10

D.S. n°59 de 16 de marzo de 1998 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República (D.O. 25.05.1998) modificado por el D.S. n° D.S. 45 de 2001, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República (D.O. 11.09.01).

Niveles de calidad del aire para material particulado respirable PM10

La norma primaria de calidad del aire para el contaminante Material Particulado Respirable PM10, es **ciento cincuenta microgramos por metro cúbico normal ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) como concentración de 24 horas.**

Se considerará sobrepasada la norma de calidad del aire para material particulado respirable cuando el **Percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un período anual** en cualquier estación monitorea clasificada como EMRP, **sea mayor o igual a $150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.**

Asimismo, se considerará superada la norma, si antes que concluyese el primer período anual de mediciones certificadas por el Servicio de Salud competente se registrare en alguna de las estaciones monitoras de Material Particulado Respirable PM10 clasificada como EMRP, un **número de días con mediciones sobre el valor de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ mayor que siete (7).**

La norma primaria de calidad del aire para el contaminante Material Particulado Respirable PM10, es **cincuenta microgramos por metro cúbico normal ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) como concentración anual.**

Niveles que determinan las situaciones de emergencia ambiental para material particulado respirable PM10.

Defínanse como niveles que originan situaciones de emergencia ambiental para Material Particulado Respirable PM10, aquellos de acuerdo a los cuales el valor calculado para la calidad del aire, en concentración de 24 horas, se encuentre en el respectivo rango señalado:

Nivel	Material Particulado Respirable PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) en 24 horas
Nivel 1º	195-239
Nivel 2º	240-329
Nivel 3º	330 o superior

Tabla 1: Niveles de emergencia según material particulado Respirable

Las concentraciones serán obtenidas a partir de una metodología de pronóstico de calidad del aire, o bien, en caso que no se cuente con esta metodología, de la constatación de las concentraciones de material particulado respirable MP10 a partir de las mediciones provenientes desde alguna de las estaciones de monitoreo de calidad del aire calificadas como EMRP.

2.2 Norma de calidad primaria para Material Particulado Fino Respirable PM2,5

Decreto nº12, de 18 de Enero de 2011 del Ministerio de Medio Ambiente, por el que se establece la norma primaria de Calidad Ambiental para Material Particulado Fino respirable PM 2,5.

Niveles de calidad primaria para material particulado fino respirable en aire

La norma primaria de calidad del aire para material particulado fino es de **20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como concentración anual** y **50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como concentración en 24 horas.**

Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad del aire para material particulado fino respirable PM2,5, en los siguientes casos:

- Quando el percentil 98 de los promedios diarios registrados durante un año, sea mayor a 50($\mu\text{g}/\text{m}^3$), en cualquier estación monitorea calificada como EMRP; o Cuando el promedio de tres años de las concentraciones anuales sea mayor a 20 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), en cualquier estación monitorea calificada como EMRP.
- Si el periodo de medición en una estación monitorea no comencare el 1º de Enero, se considerarán los tres primeros periodos de 12 meses a partir del mes de inicio de las mediciones, hasta disponer de tres años calendario sucesivos de mediciones.

Niveles que determinan las situaciones de emergencia ambiental para material particulado fino, en concentración de 24 horas.

Nivel	Material Particulado Fino PM _{2,5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) en 24 horas
Alerta	80-109
Preemergencia	110-169
Emergencia	170 o superior

Tabla 2: Niveles de situación de emergencia según material particulado (concentración 24h)

Las concentraciones serán obtenidas a partir de un pronóstico de calidad del aire, o bien, en caso que no se cuente con este pronóstico, de la constatación de las concentraciones de Material Particulado Respirable MP_{2,5} a partir de las mediciones provenientes de alguna de las estaciones de monitoreo de calidad del aire calificadas como EMRP.

3 ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE

Las partículas son una mezcla compleja de sustancias orgánicas e inorgánicas suspendidas en el aire, tanto de origen natural como de fuentes antropogénicas. Las partículas pueden ser primarias (emitidas directamente por las fuentes) o secundarias, formadas por oxidación y transformación de emisiones gaseosas primarias. Se clasifican atendiendo a su diámetro aerodinámico y las menores (PM 2,5) son las más peligrosas, ya que se inhalan con mayor facilidad.

Para caracterizar la calidad del aire en la zona de estudio se han recopilado los datos de inmisión correspondientes al periodo comprendido entre 2008-2012 de la estación del Parque Krahrmer, facilitados por la SEREMI de Medio Ambiente mediante escrito n° 6412/2013.

A continuación se presenta la información sobre la calidad del aire en la zona para el PM10 y el PM2,5 (2008-2012). Se han tomado como referencia a la hora de comparar dichos datos los valores límite fijados en los respectivos D.S.



Figura 1- Ubicación de la Estación de Monitoreo Parque Krahrmer, operativa desde el 17 de enero de 2008.

Se muestra a continuación, una tabla con los promedios mensuales registrados en esta estación en los últimos años (PM10: 2008-2012; PM2,5: 2009-2012);

	PM10					PM2,5			
	Año 2008	Año 2009	Año 2010	Año 2011	Año 2012	Año 2009	Año 2010	Año 2011	Año 2012
Enero	28,72	21,34	18,51	22,43	23,50	8,17	10,37	24,10	12,13
Febrero	33,62	22,95	20,62	32,89	17,87	9,57	11,32	9,52	11,13
Marzo	28,47	28,74	25,00	39,25	25,41	15,24	16,68	20,63	13,77
Abril	52,26	42,07	50,42	42,35	54,36	32,57	43,03	38,00	33,32
Mayo	101,15	76,02	93,10	62,23	92,77	66,47	128,58	(sin datos)	63,13
Junio	98,35	82,59	80,67	99,24	78,45	75,28	143,19	122,47	53,39
Julio	80,74	121,04	73,74	93,00	126,66	111,23	79,60	78,10	85,75
Agosto	57,37	54,23	86,88	103,71	90,21	47,13	84,35	86,74	58,11
Septiembre	55,27	63,50	66,60	61,17	61,69	53,48	66,96	61,27	37,11
Octubre	33,79	36,38	36,52	48,17	36,21	28,52	34,74	39,80	25,42
Noviembre	21,02	30,35	18,88	23,70	34,17	23,17	14,00	14,73	13,81
Diciembre	24,33	20,58	17,74	28,52	34,13	12,19	15,42	12,13	24,01

Tabla 3: Promedios mensuales registrados de material particulado (PM10 y PM2,5) en le estación del Parque Krahrmer (2008-2012)

Tal y como puede observarse en la tabla, y tal como estudiaremos más adelante, los niveles de contaminación del aire más elevados coinciden con los meses más fríos.

Este hecho queda explicado por el uso de la leña como principal combustible en el sector residencial.

A continuación, se procederá a realizar un análisis detallado, realizado en base a los promedios diarios (24h) registrados para ambos contaminantes.

3.1 Análisis de la Calidad del Aire para Material Particulado Respirable PM10 y Material Particulado Fino PM2,5

3.1.1 Año 2008

En el año 2008, tal y como se desprende de la gráfica que se muestra a continuación, las concentraciones más altas de PM10 se corresponden con los meses de invierno. Se observa una clara diferencia respecto a otros meses. No existen datos de PM2,5 para el año 2008.

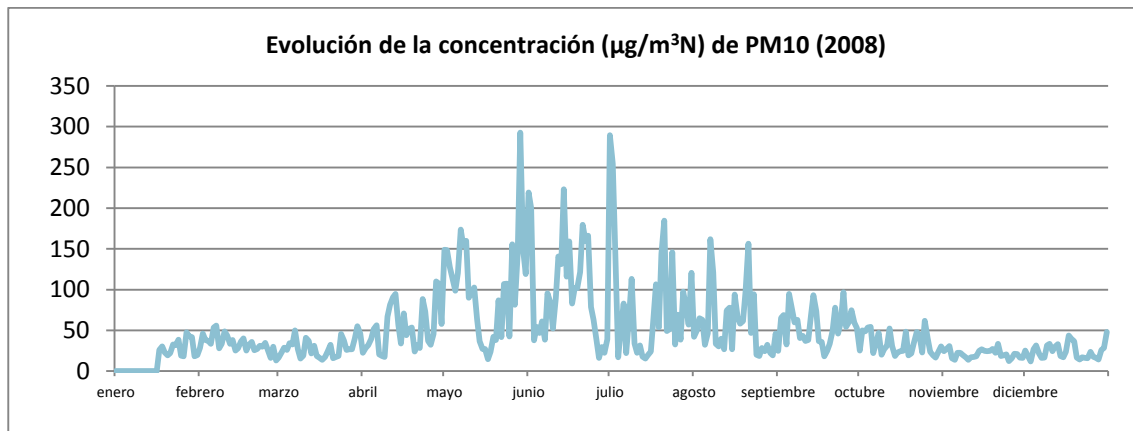


Figura 2 Concentraciones de PM10 y PM2,5 registradas durante el año 2008 en la estación ubicada en el parque Kraemer.

Durante el año 2008 se registraron superaciones de **PM10** en un total de 17 ocasiones, siendo la concentración máxima, la registrada el 29 de mayo, con un valor **máximo de 292,6 µg/m³N**.

El límite establecido por la legislación para la calidad primaria de PM10, es de 150 µg/m³N, y los niveles de emergencia, se establecen a partir de los 195 µg/m³N. De acuerdo con esto, obtenemos que, de las 17 superaciones registradas, solamente se alcanzan valores de emergencia en 6 ocasiones, todas ellas englobadas dentro de los niveles de emergencia 1 y 2.

En la tabla que se adjunta a continuación quedan recogidas todas las superaciones de 2008 que alcanzan valores de emergencia. Se indica también, en la columna de la derecha, el nivel de emergencia correspondiente.

Superaciones de PM10 en 2008 (emergencia)		
Fecha	Concentración	Nivel
01/06/2008	219,2 µg/m³N	
02/06/2008	199,8 µg/m³N	(Nivel 1)
14/06/2008	223 µg/m³N	
29/05/2008	292,6 µg/m³N	
01/07/2008	289,7 µg/m³N	(Nivel 2)
02/07/2008	254,4 µg/m³N	

Tabla 4: Superación de valores de PM10 en el año 2008 que alcanzaron valores de emergencia.

3.1.2 Año 2009

Al igual que en el año 2008, las concentraciones más altas registradas a lo largo del 2009 se corresponden con los meses de invierno, tanto para PM10 como PM2,5.

Tal y como veremos más adelante, esta tendencia de elevadas concentraciones en los meses más fríos, permanece constante a lo largo de los años.

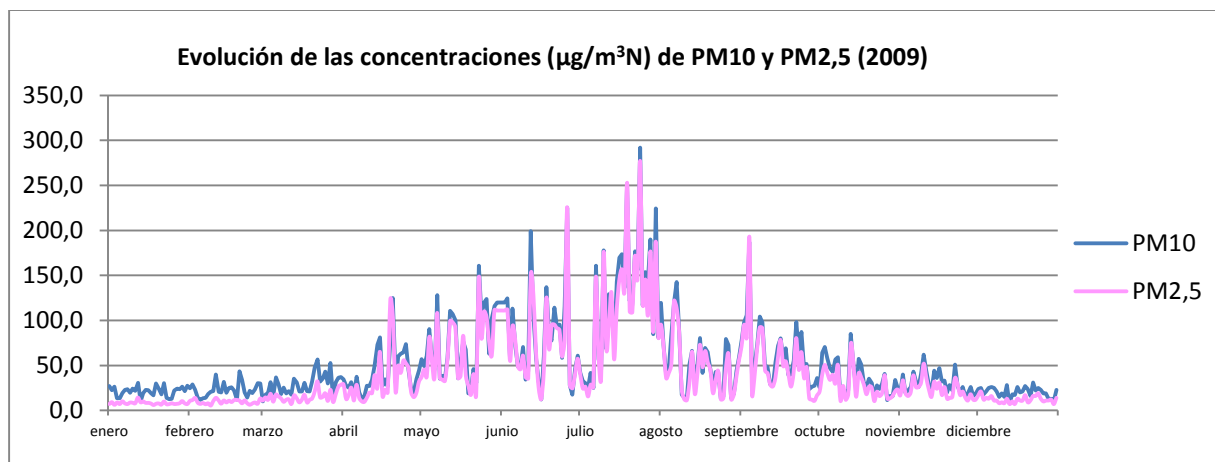


Figura 3 Concentraciones de PM10 y PM2,5 registradas durante el año 2009 en la estación ubicada en el parque Kraemer.

Durante el año 2009 se registraron superaciones de PM10 en un total de 15 ocasiones, muchas menos que en el caso del PM2,5, que se registraron un total de 95 superaciones.

Los valores máximos para ambos contaminantes, se registraron el 24 de julio, siendo de **292,6 µg/m³N** en el caso del **PM10** y **277,6 µg/m³N** en el de PM2,5. Recordemos que el límite establecido para la calidad primaria de PM2,5, es de 50 µg/m³N, y los niveles de emergencia, se establecen a partir de los 80 µg/m³N.

De acuerdo con esto y con los límites de PM10 anteriormente citados, obtenemos que de las 15 superaciones de PM10 registradas, sólo 5 alcanzan concentraciones de nivel de emergencia, ninguno de ellas alcanza los valores establecidos para el nivel 3. En el caso del PM2,5, de las 95 superaciones registradas, son 58 las que alcanzan valores de emergencia. A diferencia del PM10, se alcanzan los tres niveles de emergencia (Alerta-Preemergencia-Emergencia), alcanzándose el nivel de Emergencia hasta en ocho ocasiones, casi todas ellas registradas a lo largo del mes de julio.

En las tablas que se adjunta a continuación quedan recogidas todas las superaciones que alcanzan valores de emergencia registradas durante el 2009, tanto para el PM10 como el PM2,5. Se indica también, el nivel de emergencia correspondiente.

Superaciones de PM10 en 2009 (emergencia)		
Fecha	Concentración	Nivel
12/06/2009	195 µg/m³N	
26/06/2009	225,1 µg/m³N	(Nivel 1)
30/07/2009	224,5 µg/m³N	
24/07/2009	292 µg/m³N	
19/07/2009	251,6 µg/m³N	(Nivel 2)

Tabla 5: Superación de valores de PM10 en el año 2009 que alcanzaron valores de emergencia

Superaciones de PM2,5 en 2009 (emergencia)		
Fecha	Concentración	Nivel
20/04/2009	103,1 µg/m³N	
04/05/2009	81,8 µg/m³N	
07/05/2009	108,4 µg/m³N	
12/05/2009	99,4 µg/m³N	
13/05/2009	97,7 µg/m³N	
14/05/2009	92,1 µg/m³N	
17/05/2009	83,0 µg/m³N	
24/05/2009	80,4 µg/m³N	
25/05/2009	109,6 µg/m³N	
26/05/2009	103,3 µg/m³N	
05/06/2009	93,9 µg/m³N	
20/06/2009	95,1 µg/m³N	
21/06/2009	95,4 µg/m³N	
22/06/2009	91,4 µg/m³N	(Alerta)
23/06/2009	89,3 µg/m³N	
12/07/2009	95,0 µg/m³N	
20/07/2009	109,9 µg/m³N	
21/07/2009	108,9 µg/m³N	
27/07/2009	105,6 µg/m³N	
29/07/2009	87,0 µg/m³N	
31/07/2009	81,5 µg/m³N	
01/08/2009	95,5 µg/m³N	
08/08/2009	87,3 µg/m³N	
02/09/2009	95,4 µg/m³N	
03/09/2009	81,1 µg/m³N	
08/09/2009	92,4 µg/m³N	

Superaciones de PM2,5 en 2009 (emergencia)		
Fecha	Concentración	Nivel
09/09/2009	91,2 µg/m³N	
22/09/2009	80,5 µg/m³N	(Alerta)
19/04/2009	122,9 µg/m³N	
23/05/2009	147,8 µg/m³N	
29/05/2009	111,4 µg/m³N	
30/05/2009	111,0 µg/m³N	
31/05/2009	111,0 µg/m³N	
01/06/2009	111,0 µg/m³N	
02/06/2009	111,0 µg/m³N	
03/06/2009	111,9 µg/m³N	
12/06/2009	150,9 µg/m³N	
13/06/2009	127,7 µg/m³N	
18/06/2009	125,3 µg/m³N	
07/07/2009	148,3 µg/m³N	(Preemergencia)
13/07/2009	130,8 µg/m³N	
15/07/2009	111,5 µg/m³N	
16/07/2009	145,1 µg/m³N	
17/07/2009	156,7 µg/m³N	
18/07/2009	132,1 µg/m³N	
23/07/2009	146,3 µg/m³N	
25/07/2009	118,4 µg/m³N	
26/07/2009	145,5 µg/m³N	
06/08/2009	121,3 µg/m³N	
07/08/2009	114,4 µg/m³N	
26/06/2009	225,3 µg/m³N	
30/07/2009	187,6 µg/m³N	
28/07/2009	176,7 µg/m³N	
24/07/2009	277,3 µg/m³N	
22/07/2009	171,7 µg/m³N	(Emergencia)
19/07/2009	253 µg/m³N	
10/07/2009	176,1 µg/m³N	
04/09/2009	192,4 µg/m³N	

Tabla 6: Superación de valores de PM2,5 en el año 2009 que alcanzaron valores de emergencia

3.1.3 Año 2010

Como vemos en la gráfica que se muestra a continuación, el PM_{2,5} alcanza valores de concentración muy elevados en los meses de junio y julio principalmente.

En el caso del PM₁₀ destacan también “tres picos” de concentración que se corresponde con los meses de mayo y junio.

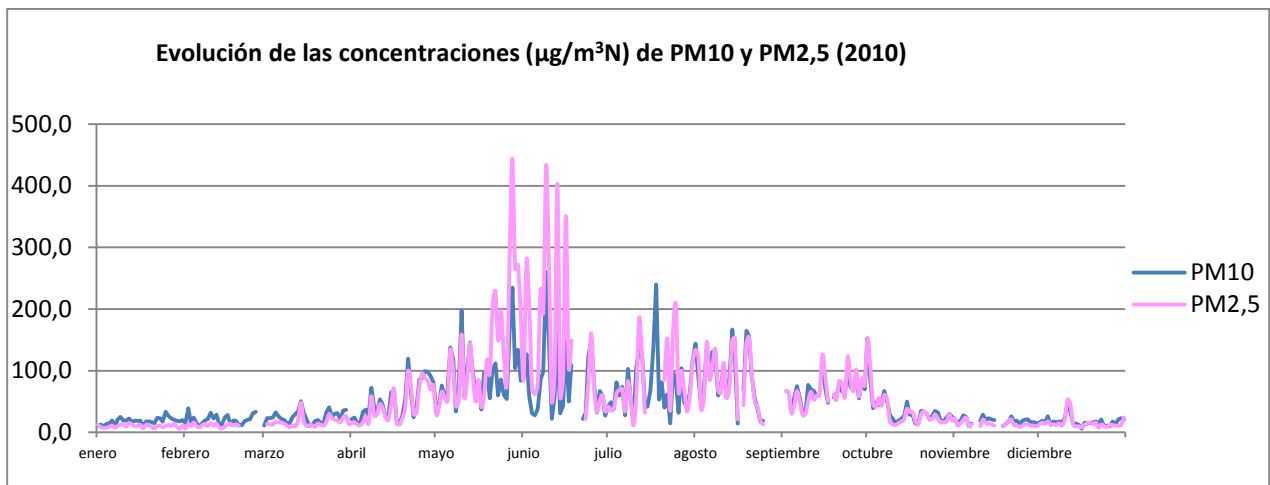


Figura 4 Concentraciones de PM₁₀ y PM_{2,5} registradas durante el año 2010 en la estación ubicada en el parque Krahrmer.

Durante el año 2010 se registraron superaciones de PM₁₀ en un total de 11 ocasiones. Al igual que en el año 2009, en el 2010, el número de días de superación para el PM_{2,5} fue mucho más elevado, con un total de 120 superaciones.

Los valores máximos para el **PM₁₀** y el **PM_{2,5}** fueron de **260 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$** , registrado el 9 de junio, y **444 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$** , registrado el 20 de mayo, respectivamente.

Teniendo en cuenta los límites establecidos para la calidad primaria del aire en ambos contaminantes, y los valores a partir de los cuales se alcanzan niveles de emergencia, obtenemos que, para el PM₁₀, de las 11 superaciones registradas durante el año, sólo 4 alcanzan concentraciones de nivel de emergencia, estando todos ellos comprendidos entre los valores que determinan los niveles de emergencia 1 y 2.

Por el contrario, en el caso del PM_{2,5}, son 68 las ocasiones que se alcanzan estos niveles, y de nuevo, se alcanza el nivel 3 de emergencia en varias ocasiones (18).

En las tablas que se adjunta a continuación quedan recogidas todas las superaciones que alcanzan valores de emergencia registradas durante el 2010, tanto para el PM₁₀ como el PM_{2,5}. Se indica también, el nivel de emergencia correspondiente.

Superaciones de PM10 en 2010 (emergencia)		
Fecha	Concentración	Nivel
10/05/2010	198 µg/m³N	(Nivel 1)
28/05/2010	235 µg/m³N	
09/06/2010	260 µg/m³N	(Nivel 2)
18/07/2010	240 µg/m³N	

Tabla 7: Superación de valores de PM10 en el año 2010 que alcanzaron valores de emergencia

Superaciones de PM2,5 en 2010 (emergencia)		
Fecha	Concentración	Nivel
21/04/2010	99,4 µg/m³N	(Alerta)
26/04/2010	95,6 µg/m³N	
27/04/2010	87,9 µg/m³N	
28/04/2010	83,5 µg/m³N	
07/05/2010	100,0 µg/m³N	
12/05/2010	87,0 µg/m³N	
14/05/2010	91,0 µg/m³N	
16/05/2010	85,0 µg/m³N	
20/05/2010	95,0 µg/m³N	
01/06/2010	86,0 µg/m³N	
12/06/2010	93,0 µg/m³N	
15/06/2010	88,0 µg/m³N	
17/06/2010	106,0 µg/m³N	
24/06/2010	83,0 µg/m³N	
08/07/2010	83,0 µg/m³N	
21/07/2010	85,0 µg/m³N	
27/07/2010	100,0 µg/m³N	
06/08/2010	86,0 µg/m³N	
07/08/2010	109,0 µg/m³N	
21/08/2010	96,0 µg/m³N	
16/09/2010	92,0 µg/m³N	
21/09/2010	83,0 µg/m³N	
25/09/2010	85,0 µg/m³N	
27/09/2010	102,0 µg/m³N	
29/09/2010	88,0 µg/m³N	
02/10/2010	107,0 µg/m³N	
06/05/2010	134,0 µg/m³N	(Preemergencia)

Superaciones de PM2,5 en 2010 (emergencia)		
Fecha	Concentración	Nivel
10/05/2010	159,0 µg/m³N	(Preemergencia)
13/05/2010	145,0 µg/m³N	
19/05/2010	118,0 µg/m³N	
23/05/2010	149,0 µg/m³N	
25/05/2010	123,0 µg/m³N	
18/06/2010	149,0 µg/m³N	
25/06/2010	161,0 µg/m³N	
13/07/2010	128,0 µg/m³N	
22/07/2010	152,0 µg/m³N	
24/07/2010	162,0 µg/m³N	
31/07/2010	113,0 µg/m³N	
01/08/2010	134,0 µg/m³N	
02/08/2010	122,0 µg/m³N	
05/08/2010	147,0 µg/m³N	
08/08/2010	135,0 µg/m³N	
11/08/2010	113,0 µg/m³N	
14/08/2010	149,0 µg/m³N	
15/08/2010	153,0 µg/m³N	
19/08/2010	143,0 µg/m³N	
20/08/2010	155,0 µg/m³N	
15/09/2010	126,0 µg/m³N	
24/09/2010	123,0 µg/m³N	
01/10/2010	152,0 µg/m³N	
21/05/2010	206,0 µg/m³N	(Emergencia)
22/05/2010	229,0 µg/m³N	
24/05/2010	197,0 µg/m³N	
27/05/2010	275,0 µg/m³N	
28/05/2010	444,0 µg/m³N	
29/05/2010	265,0 µg/m³N	
30/05/2010	272,0 µg/m³N	
31/05/2010	190,0 µg/m³N	
02/06/2010	279,0 µg/m³N	
03/06/2010	203,0 µg/m³N	
07/06/2010	232,0 µg/m³N	
08/06/2010	195,0 µg/m³N	
09/06/2010	433,0 µg/m³N	

Superaciones de PM2,5 en 2010 (emergencia)		
Fecha	Concentración	Nivel
10/06/2010	271,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	
13/06/2010	403,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	
16/06/2010	351,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	(Emergencia)
12/07/2010	185,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	
25/07/2010	208,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	

Tabla 8: Superación de valores de PM2,5 en el año 2010 que alcanzaron valores de emergencia

3.1.4 Año 2011

Las concentraciones más altas registradas a lo largo del 2011 se corresponden con los meses de invierno, tanto para PM10 como PM2,5. Tal y como podemos ver en la gráfica que se adjunta a continuación, en el caso del PM10, existe un valor (mes de agosto) que destaca notablemente respecto al resto de concentraciones registradas. Cabe mencionar que, este registro dista mucho del siguiente valor crítico de PM10, por lo que no podremos considerar este valor como significativo ni representativo. No se han encontrado referencias a este episodio de contaminación en la prensa local.

En lo que al PM2,5 se refiere, observamos que sigue la tendencia habitual, con valores máximos registrados en los meses de invierno.

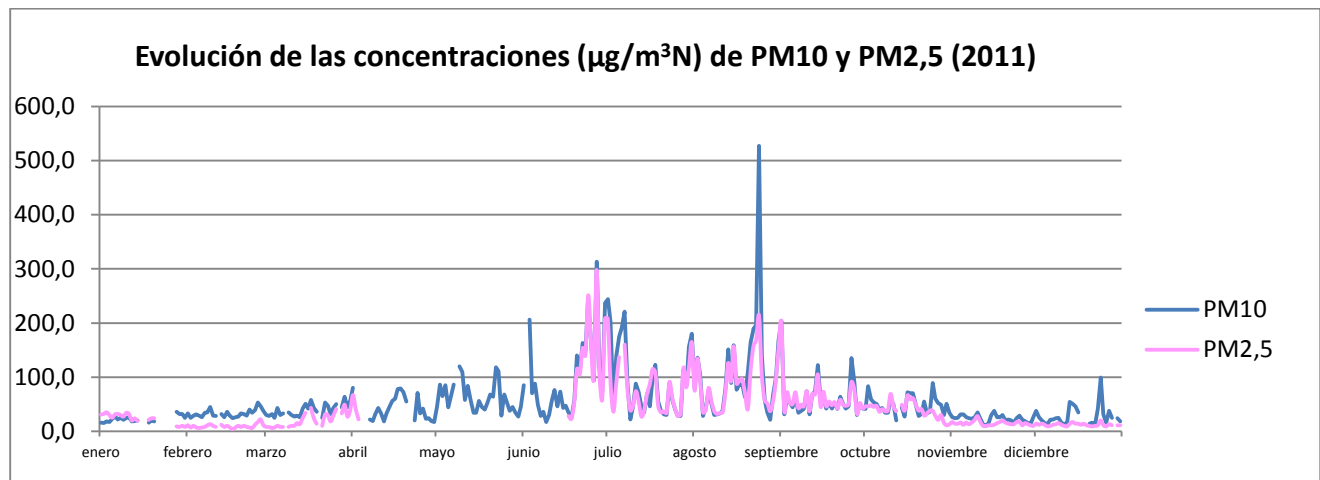


Figura 5 Concentraciones de PM10 y PM2,5 registradas durante el año 2011 en la estación ubicada en el parque Kraher.

Durante el año 2011 se registraron superaciones de **PM10** en un total de 21 ocasiones, siendo la concentración máxima anteriormente comentada, con fecha del 24 de agosto, con un valor de **527,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$** . De todas las superaciones registradas, 10 alcanzan niveles de emergencia, siendo el máximo registrado la única concentración que alcanzó nivel 3 de emergencia.

En el caso del **PM_{2,5}**, fueron 73 las superaciones registradas durante el año 2011, siendo el valor máximo registrado de **298 µg/m³N**, el 27 de junio, de las cuales, más de la mitad (38), alcanzaron niveles de emergencia, alcanzándose el nivel 3 de emergencia hasta en 6 ocasiones.

En las tablas que se adjunta a continuación quedan recogidas todas las superaciones que alcanzan valores de emergencia registradas durante el 2010, tanto para el PM₁₀ como el PM_{2,5}. Se indica también, el nivel de emergencia correspondiente.

Superaciones de PM ₁₀ en 2011 (emergencia)		
Fecha	Concentración	Nivel
03/06/2011	206 µg/m ³ N	(Nivel 1)
30/06/2011	237 µg/m ³ N	
02/07/2011	202 µg/m ³ N	
07/07/2011	221 µg/m ³ N	
23/08/2011	196 µg/m ³ N	
01/09/2011	204 µg/m ³ N	(Nivel 2)
24/06/2011	246 µg/m ³ N	
27/06/2011	313 µg/m ³ N	
01/07/2011	244 µg/m ³ N	(Nivel 3)
24/08/2011	527 µg/m³N	

Tabla 9: Superación de valores de PM₁₀ en el año 2011 que alcanzaron valores de emergencia

Superaciones de PM _{2,5} en 2011 (emergencia)		
Fecha	Concentración	Nivel
21/06/2011	105,0 µg/m ³ N	(Alerta)
26/06/2011	97,0 µg/m ³ N	
28/06/2011	107,0 µg/m ³ N	
02/07/2011	87,0 µg/m ³ N	
16/07/2011	87,0 µg/m ³ N	
18/07/2011	108,0 µg/m ³ N	
23/07/2011	91,0 µg/m ³ N	
29/07/2011	81,0 µg/m ³ N	
03/08/2011	91,0 µg/m ³ N	
14/08/2011	92,0 µg/m ³ N	
16/08/2011	88,0 µg/m ³ N	
17/08/2011	94,0 µg/m ³ N	
18/08/2011	96,0 µg/m ³ N	

25/08/2011	104,0 µg/m ³ N	
Superaciones de PM _{2,5} en 2011 (emergencia)		
Fecha	Concentración	Nivel
30/08/2011	93,0 µg/m ³ N	(Alerta)
14/09/2011	105,0 µg/m ³ N	
26/09/2011	91,0 µg/m ³ N	
20/06/2011	115,0 µg/m ³ N	(Preemergencia)
22/06/2011	154,0 µg/m ³ N	
23/06/2011	140,0 µg/m ³ N	
07/07/2011	160,0 µg/m ³ N	
17/07/2011	115,0 µg/m ³ N	
28/07/2011	117,0 µg/m ³ N	
30/07/2011	120,0 µg/m ³ N	
31/07/2011	164,0 µg/m ³ N	
02/08/2011	134,0 µg/m ³ N	
13/08/2011	126,0 µg/m ³ N	
15/08/2011	157,0 µg/m ³ N	
21/08/2011	112,0 µg/m ³ N	(Emergencia)
22/08/2011	157,0 µg/m ³ N	
23/08/2011	169,0 µg/m ³ N	
31/08/2011	155,0 µg/m ³ N	
24/06/2011	251,0 µg/m ³ N	
27/06/2011	298,0 µg/m³N	
30/06/2011	208,0 µg/m ³ N	
01/07/2011	208,0 µg/m ³ N	
24/08/2011	214,0 µg/m ³ N	
01/09/2011	200,0 µg/m ³ N	

Tabla 10: Superación de valores de PM_{2,5} en el año 2011 que alcanzaron valores de emergencia

3.1.5 Año 2012

A lo largo del año 2012, una vez más, las mayores concentraciones fueron registradas en los meses de invierno para ambos contaminantes.

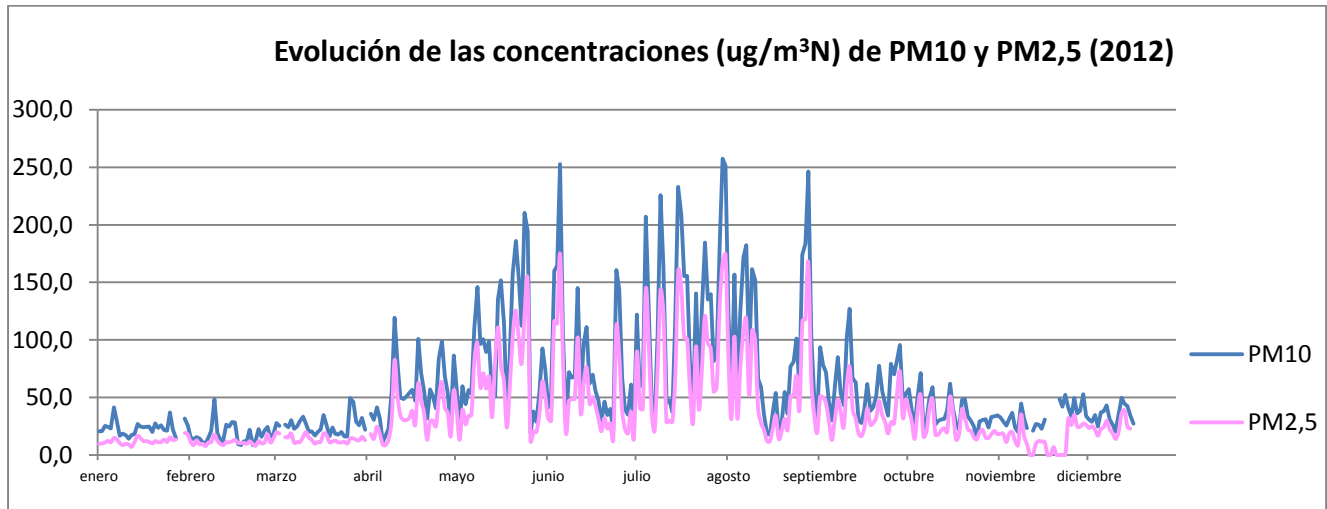


Figura 6 Concentraciones de PM10 y PM2,5 registradas durante el año 2012 en la estación ubicada en el parque Kraemer.

A lo largo del año 2012 se registraron 29 superaciones de **PM10**, siendo la concentración máxima, con fecha del 30 de julio, con un valor de **257,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$** . En lo que a PM2,5 se refiere, fueron 79 las superaciones registradas, con un valor máximo registrado de **174,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$** .

Es importante mencionar, que las **máximas** registradas para ambos contaminantes durante el año 2012, fueron las **más bajas** de todo el periodo que se está estudiando (2008-2012).

En este caso, de las 29 superaciones registradas durante el año para PM10, sólo 9 alcanzan concentraciones de nivel de emergencia (todos ellos en niveles 1 y 2). Muchas menos que en el caso del PM2,5, con 42 ocasiones alcanzando estos valores. No obstante, a diferencia de los años precedentes, son dos las concentraciones registradas dentro del rango de emergencia, ambas con un valor aproximado de $174 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, muy cercano al rango establecido para la preemergencia (110-169).

En las tablas que se adjunta a continuación quedan recogidas las superaciones registradas durante el 2012, y, en caso de encontrarse entre los valores establecidos, se indica también, el nivel de emergencia correspondiente.

Superaciones de PM10 en 2012 (emergencia)		
Fecha	Concentración	Nivel
24/05/2012	210,5 µg/m³N	(Nivel 1)
04/07/2012	207 µg/m³N	
09/07/2012	225,7 µg/m³N	
15/07/2012	233 µg/m³N	
16/07/2012	208,6 µg/m³N	
01/09/2011	204 µg/m³N	
05/06/2012	252,8 µg/m³N	(Nivel 2)
30/07/2012	257,6 µg/m³N	
31/07/2012	251,3 µg/m³N	
28/08/2012	246,4 µg/m³N	

Tabla 11: Superación de valores de PM10 en el año 2012 que alcanzaron valores de emergencia

Superaciones de PM2,5 en 2012 (emergencia)		
Fecha	Concentración	Nivel
10/08/2012	100,0 µg/m³N	(Nivel 1)
15/05/2012	110,8 µg/m³N	(Preemergencia)
21/05/2012	125,6 µg/m³N	
24/05/2012	122,8 µg/m³N	
25/05/2012	151,8 µg/m³N	
03/06/2012	116,2 µg/m³N	
04/06/2012	114,1 µg/m³N	
24/06/2012	110,7 µg/m³N	
04/07/2012	144,0 µg/m³N	
09/07/2012	143,3 µg/m³N	
10/07/2012	121,4 µg/m³N	
15/07/2012	159,8 µg/m³N	(Nivel 2)
16/07/2012	145,5 µg/m³N	
24/07/2012	120,5 µg/m³N	
29/07/2012	128,4 µg/m³N	
30/07/2012	166,9 µg/m³N	
07/08/2012	118,1 µg/m³N	(Emergencia)
26/08/2012	116,6 µg/m³N	
27/08/2012	118,1 µg/m³N	
28/08/2012	167,4 µg/m³N	
31/07/2012	174,1 µg/m³N	
05/06/2012	174,7 µg/m³N	

Tabla 12: Superación de valores de PM2,5 en el año 2012 que alcanzaron valores de emergencia

Superaciones de PM2,5 en 2012 (emergencia)		
Fecha	Concentración	Nivel
10/04/2012	82,4 µg/m³N	(Alerta)
07/05/2012	82,2 µg/m³N	
08/05/2012	97,1 µg/m³N	
14/05/2012	80,6 µg/m³N	
20/05/2012	103,4 µg/m³N	
22/05/2012	101,8 µg/m³N	
06/06/2012	81,0 µg/m³N	
11/06/2012	102,1 µg/m³N	
25/06/2012	87,7 µg/m³N	
01/07/2012	89,7 µg/m³N	
05/07/2012	97,2 µg/m³N	
17/07/2012	102,4 µg/m³N	
18/07/2012	100,5 µg/m³N	
21/07/2012	94,4 µg/m³N	
25/07/2012	97,3 µg/m³N	
26/07/2012	92,5 µg/m³N	
01/08/2012	82,8 µg/m³N	
03/08/2012	102,9 µg/m³N	
06/08/2012	106,2 µg/m³N	
09/08/2012	108,0 µg/m³N	

3.2 Cuadro resumen

Los siguientes cuadros resumen el número de superaciones de cada nivel para cada uno de los contaminantes:

PM 10			
Año	Nivel 1 (número de días)	Nivel 2 (número de días)	Nivel 3 (número de días)
2008	3	3	0
2009	3	2	0
2010	2	2	0
2011	6	3	1
2012	6	4	0

Tabla 13: Número de días que se alcanzan los niveles definidos en la normativa de PM10

PM 2,5			
Año	Alerta (número de días)	Preemergencia (número de días)	Emergencia (número de días)
2008	Sin datos		
2009	28	22	8
2010	26	24	18
2011	17	15	6
2012	21	19	2

Tabla 14: Número de días que se alcanzan los niveles definidos en la normativa de PM2,5

3.3 Conclusiones

Las principales conclusiones que se desprenden del análisis realizado son:

- Ambos contaminantes siguen tendencias similares a lo largo de los meses, registrándose los valores de concentración más elevados en los meses más fríos. (finales de otoño, invierno), y los más bajos en verano.
- El número de superaciones registradas para el PM2,5 es muy superior a las superaciones registradas para el PM10. Además, muchas de las superaciones de PM2,5 alcanzan valores de emergencia,

mientras que en el caso del PM10, por el contrario, sólo se alcanza el nivel 3 de emergencia en una única ocasión.

- Si bien la media de las concentraciones no decrece con el paso de los años, si se observa una disminución de los valores máximos registrados en el caso de ambos contaminantes.

Actualmente, el Ministerio del Medio Ambiente trabaja en reducir los altos índices de contaminación atmosférica, tanto de Valdivia, como de otras ciudades de Chile.

Tal y como se ha citado anteriormente, la principal causa de contaminación del aire se debe principalmente a la combustión residencial de leña, la que se explica por tres factores:

1. Viviendas con escasa o nula aislación térmica
2. Artefactos con altas emisiones y baja eficiencia
3. Leña húmeda o de mala calidad.

Por lo tanto, considerando el uso de combustiones lentas con leña de mala calidad como principal causa de contaminación, se proponen a continuación algunas medidas a adoptar con el fin de minimizar al máximo posible estos índices de contaminación:

- Uso de leña seca de comerciantes certificados (menor emisión de partículas al aire).
- Limpiar con cierta frecuencia los ductos de las chimeneas.
- No usar cera u otro producto para encender fuego.
- Disponer de calefactores eficientes.
- Almacenamiento correcto de la leña (evitar humedad)

Por su parte, el Ministerio del Medio Ambiente, trata de implementar en la actualidad varias acciones con el fin de reducir la contaminación atmosférica. Una de ellas es un registro de los artefactos a leña instalados en la ciudad de Valdivia (este registro permitirá contar con información precisa sobre la cantidad y tipo de artefactos a leña, su tamaño, antigüedad, consumo de leña y otras características claves para fortalecer las acciones que permitirán reducir la contaminación de la ciudad).

Esta Hoja de Ruta de Mitigación, aunque está orientada a las emisiones de GEI, aplicando un enfoque de sostenibilidad integral, considera asimismo la reducción de emisiones asociadas al consumo de leña. Así, las siguientes acciones presentan una reducción de emisiones PM10 procedente de la combustión de leña:

Línea de actuación	Acción		Reducción de PM 10 en 2030 (t/año)
Promoción de la reducción voluntaria de emisiones GEI	I.1	Promocionar acuerdos voluntarios sectoriales de reducción de emisiones por unidad productiva	10
Mejora de la eficiencia energética en las instalaciones municipales	IT.2	Rehabilitación energética de edificios de la municipalidad	3

Fomentar la eficiencia energética y energías más limpias en la edificación	RD.1	Subvenciones para rehabilitaciones con criterios energéticos de edificios	92
Fomentar la eficiencia energética y energías más limpias en la edificación	RD.2	Mejorar la inspección de edificios de autoconstrucción	106
Fomento del uso de energías más limpias en las instalaciones térmicas	RD.4	Fomentar la sustitución de estufas antiguas de leña por otras más modernas a través de subvenciones	563

Tabla 15: Contabilización de la reducción de PM10 en las fichas de acciones

La tabla siguiente se corresponde con aquellas acciones, que aunque su implantación implicaría reducción en la emisión de PM10, no ha sido posible realizar una cuantificación realista.

Línea de actuación	Acción	
Promoción de la reducción voluntaria de emisiones GEI	I.3	Registro voluntario de empresas que utilizan leña seca y/o certificada
Fomento del uso de energías más limpias en las instalaciones térmicas	RD.3	Fomentar el uso de leña seca a través de un espacio para su venta

Tabla 16: Fichas de acciones en las que no se ha podido realizar una cuantificación de las emisiones de PM10