



GOBIERNO DE CHILE
SECRETARÍA REGIONAL MINISTERIAL DEL MEDIO AMBIENTE
REGIÓN DE LOS LAGOS

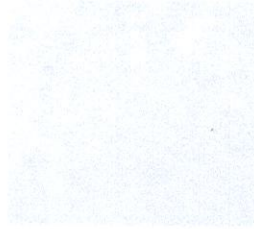
Informe técnico para declarar Zona Saturada por Material Particulado Respirable MP10 y por Material Particulado Fino Respirable MP2,5 a la comuna de Osorno

Puerto Montt, Julio de 2012

000003

Seremi del Medio Ambiente, Región de Los Lagos
Informe Técnico para declarar Zona Saturada por MP10 y MP2.5 a la comuna de Osorno

000003 VTA



GOBIERNO DE CHILE
SECRETARÍA REGIONAL MINISTERIAL DEL MEDIO AMBIENTE
REGIÓN DE LOS LAGOS

Informe técnico para declarar Zona Saturada
por Material Particulado Respirable MP10 y
por Material Particulado Fino Respirable
MP2,5 a la comuna de Osorno

Elaborado por:
Seremi del Medio Ambiente Región de Los Lagos
Departamento de Asuntos Atmosféricos
Boris Pacheco Silva
Jasmine Bastidas Muñoz

Revisado por:
Edgar Wilhelm Bavestrello, Seremi de Medio Ambiente Región de Los Lagos

I. RESUMEN

En el presente se entrega toda la información de la calidad del aire de la ciudad de Osorno y aspectos relacionados a la gestión ambiental asociada a este recurso, poniendo especial énfasis en la verificación del cumplimiento de la normativa de calidad del aire vigente en Chile para Material Particulado Respirable MP10 y MP2,5.

En la ciudad de Osorno existe operativa una estación de monitoreo que dispone de equipo para medir material particulado de tamaño aerodinámico 10 micrones y 2,5 micrones, denominada estación El Alba, calificada como EMRP para MP10, mediante la Resolución Exenta N° 1346, de 17 de diciembre de 2008, de la SEREMI de Salud de la Región de los Lagos, y calificada como EMRP para MP2,5 mediante Resolución Exenta N° 1456, de 14 de junio de 2012, de la Secretaría Regional Ministerial de Salud de la Región de Los Lagos, la cual fue modificada por las Resoluciones Exentas N° 820, de 06 de julio de 2012, y N° 1176, de 25 de julio de 2012, ambas de la Secretaría Regional Ministerial de Salud de la Región de Los Lagos. Los resultados de los monitoreos desarrollados desde el año 2008 hasta el año 2011, permiten concluir que las normas primarias de MP10 y MP2,5 se encuentran sobrepasadas, en el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas y en el promedio aritmético de los tres últimos promedios anuales.

Cabe enfatizar que el objetivo de las normas primarias es la protección de la salud de la población. Para el caso de Osorno la población que es aproximadamente de 163.257 habitantes está expuesta a elevados niveles de concentración de Material Particulado, llegando a concentraciones de aproximadamente 400 µg/m³ de MP10 en promedio de 24 horas, con una marcada predominancia en los meses más fríos, donde el uso intensivo de leña acrecienta esta condición.

De acuerdo al estudio realizado por la Universidad Católica de Temuco (UCT) en el 2009 y al análisis de las fuentes de emisión se recomienda que la zona a ser declarada como saturada por material particulado MP10, corresponda a toda la comuna de Osorno, esto en consideración de las fuentes que puedan estar insertas en esta última y que puedan repercutir en la gestión de la calidad del aire en un el futuro plan de descontaminación.

000001

000004

II. CONTENIDOS	
I. RESUMEN	3
II. CONTENIDOS	4
III. INTRODUCCIÓN.....	5
3.1 ANTECEDENTES DE LA ZONA A SER DECLARADA COMO SATURADA POR MP10 Y MP2,5	5
IV. ANÁLISIS METEOROLÓGICO Y DE CALIDAD DEL AIRE DE OSORNO	7
4.1 METEOROLOGÍA DE LA CIUDAD DE OSORNO	7
4.1.1 Análisis de rosa de los vientos año 2009	8
4.1.2 Análisis de Temperatura (°C).....	9
4.2 ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE EN OSORNO	9
4.2.1 Fase de Diagnóstico.....	9
4.2.2 Fase de Monitoreo Continuo.....	10
4.3 ANÁLISIS DE CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA.....	11
4.3.1 Normas primarias de calidad del aire.....	11
4.3.2 Análisis del cumplimiento de la norma de MP10.....	12
4.3.3 Análisis del cumplimiento de la norma de MP2,5.....	13
4.4 ESTACIONALIDAD DEL PROBLEMA DE CONTAMINACIÓN	14
4.5 PROPORCIÓN DE MATERIAL PARTICULADO FINO MP2,5 EN EL MP10	17
V. COBERTURA GEOGRÁFICA DE LA ZONA SATURADA	18
5.1 ALCANCES DEL ANÁLISIS DE TRAYECTORIAS	18
5.2 RESULTADOS DE LAS TRAYECTORIAS DE MASAS DE AIRE EN OSORNO.....	19
5.3 RECOMENDACIONES PARA LOS LÍMITES DE LA ZONA SATURADA.....	19
VI. ANÁLISIS DE LA PERTINENCIA DE DECLARAR A OSORNO COMO ZONA SATURADA POR MP10 y MP2,5	22
6.1 NATURALEZA DE LA PRINCIPAL FUENTE EMISORA.....	22
6.1.1 Estimación de aportes a la contaminación atmosférica por uso de leña en la ciudad de Osorno	22
6.1.2 Zonas Saturadas, Latentes y en Vías de Declaración.....	23
6.1.3 Otros antecedentes.....	24
VII. CONCLUSIONES	24
VIII. ESTUDIOS DISPONIBLES EN LA CIUDAD DE OSORNO.....	25
IX. ANEXOS	26

III. INTRODUCCIÓN

Las ciudades chilenas muestran claros indicios de deterioro ambiental, según lo han concluido diversos estudios del Ministerio del Medio Ambiente (en adelante "el Ministerio"). Se sabe que la contaminación por material particulado respirable afecta negativamente la calidad del aire y la salud de las personas. Como lo señalan las investigaciones, esta contaminación en las ciudades está ligada directamente a las actividades antropogénicas, donde se conjugan el transporte vehicular, la actividad industrial, la combustión residencial de leña, los espacios con poca ventilación, y el microclima característico de la urbe.

De acuerdo a los monitoreos de contaminación atmosférica, se han identificado problemas de contaminación por material particulado en varias ciudades. Es así, como tras mediciones continuas realizadas a partir del año 2001 en las Estaciones de Monitoreo de Las Encinas (Temuco) y Padre Las Casas, se declara en el año 2005, por medio del Decreto Supremo N°35 como Zona Saturada por MP10 a las comunas de Temuco y Padre Las Casas, que de acuerdo al inventario de emisiones actualizado al año 2005, tienen como fuente principal a la combustión residencial de leña con un aporte del 92,7% de las emisiones. A lo anterior se suman otras ciudades del sur de Chile, la cuales tendrán que ser declaradas por MP2,5, norma que entró en vigencia el 1° de Enero del año 2012 y que poseen los antecedentes necesarios para ello.

3.1 ANTECEDENTES DE LA ZONA A SER DECLARADA COMO SATURADA POR MP10 Y MP2,5

La ciudad de Osorno, se ubica en la zona sur de Chile, en la Región de Los Lagos y es la ciudad capital de la Provincia de Osorno (Figura 1). Posee una superficie comunal aproximada de 6.805 km² y se encuentra ubicada a 946 km al sur de la capital del país, Santiago; a 110 km al norte de la capital Regional Puerto Montt, y a 110 km al sur de Valdivia capital de la Región de los Ríos. Osorno posee con una población de 132.245 habitantes según el censo 2002, con una estimación de 163.257 para el año 2010, según proyección INE.

Esta ciudad es un importante centro agrícola, en donde su principal actividad económica se basa en la producción agropecuaria (cultivo de trigo y avena, crianza de ganado para el procesamiento de carnes y lácteos, y fabricación de equipos agrarios). Osorno al igual que la mayoría de las ciudades de nuestro país se encuentra inserta dentro de una cuenca hidrográfica conformada por los ríos Rahue y Damas, y actualmente tiene la condición de "ciudad de paso" a centros lacustres y montañosos, situados al este y sureste, y a los Parques Nacionales que se encuentran a los pies de la cordillera de los Andes.

En la ciudad y comuna predomina el clima oceánico, con una alta pluviosidad en los meses de invierno, dando paso a una primavera rica en colorido y aromas de su exuberante vegetación. La temperatura media anual es de 9,2°C con una media en verano de 14°C, si bien puede llegar a 28°C y de 5°C en invierno, pudiendo bajar a -12°C. Las precipitaciones alcanzan los 1.333 mm anuales, esto es más bajo que lo que correspondería por latitud, ya que la Cordillera de la Costa cumple un rol de biombo climático deteniendo el flujo de los vientos del oeste y permitiendo la existencia de vientos secos del sur.

3000000

000005 VCA

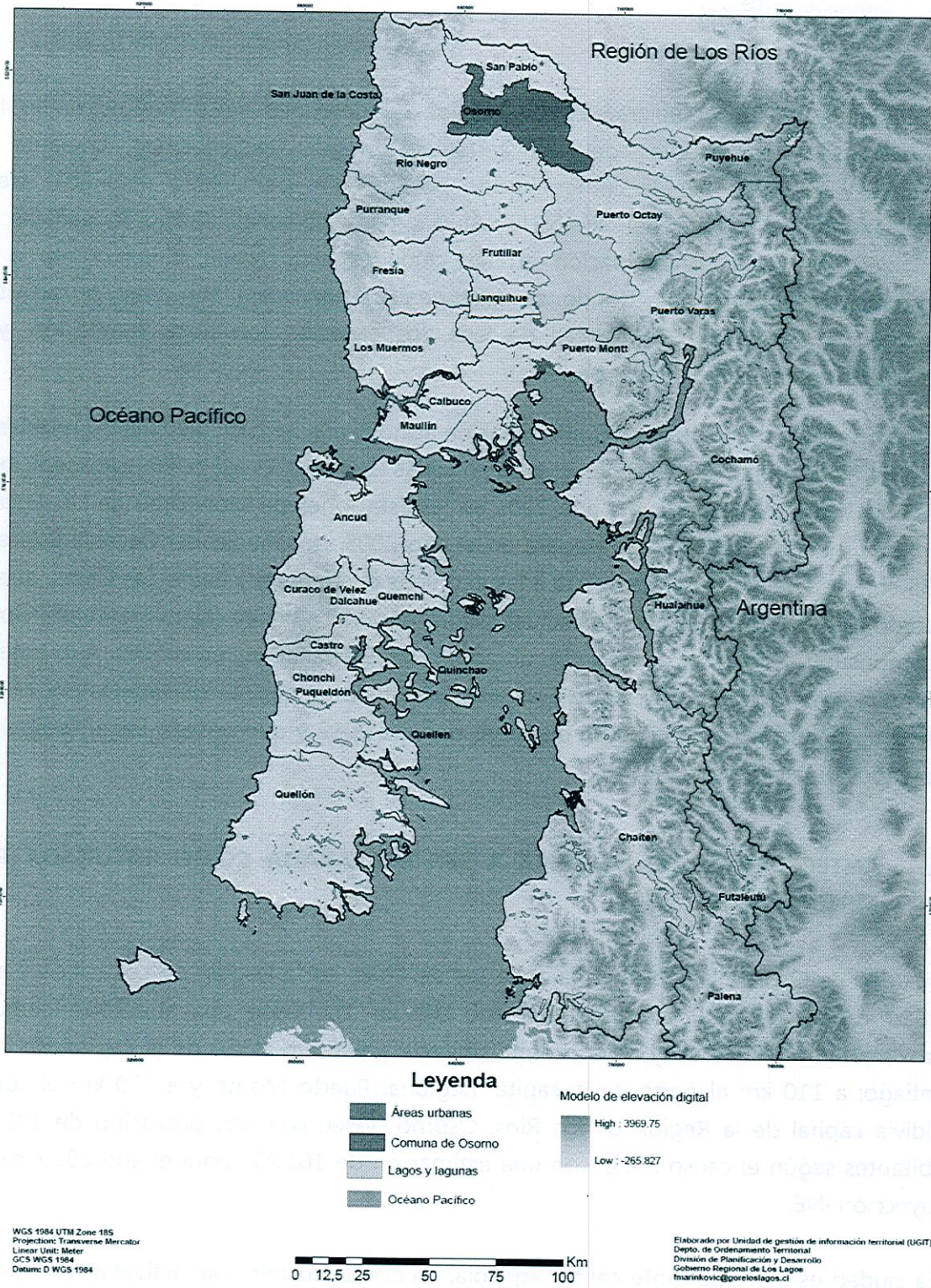


Figura 1. Mapa de Localización Geográfica de la Comuna de Osorno

Las condiciones geográficas y meteorológicas, sumadas a la combustión de leña húmeda como combustible residencial, generan un problema de contaminación atmosférica en la ciudad. La combustión produce principalmente emisiones atmosféricas de material particulado, monóxido de carbono, óxidos nitrosos, compuestos orgánicos volátiles, residuos minerales y, en menor grado, óxidos de azufre. Las cantidades y tipos de emisiones son altamente variables, dependiendo de un gran número de factores, incluyendo las etapas de ciclos de combustión, composición y características del combustible, diseño del equipo (calefactor, cocina) donde se produce la combustión, prácticas de operación y mantención, entre otros factores.

El uso de leña como fuente energética es una alternativa de bajo costo y alta demanda, que para gran parte de la población representa su única fuente accesible, especialmente en estratos socioeconómicos asociados a los quintiles más pobres. Sin embargo, el mayor consumo se registra en estratos medios, los cuales al poseer mayor capacidad de compra, consumen volúmenes de leña más grandes. Debido a lo anterior, la producción y el uso de la leña han generado dos problemas ambientales importantes: la degradación y pérdida de superficie de bosque nativo y la contaminación atmosférica. A nivel económico – social, existe una pobreza rural que se traduce en una baja rentabilidad de las actividades de manejo forestal. Además existe una informalidad del mercado de la leña por evasión tributaria y en consecuencia se tiene a un consumidor desprotegido.

IV. ANÁLISIS METEOROLÓGICO Y DE CALIDAD DEL AIRE DE OSORNO

4.1 ESTACIÓN DE MONITOREO Y METEOROLOGÍA DE LA CIUDAD DE OSORNO

En la ciudad de Osorno existe operativa una estación de monitoreo que dispone de equipo para medir Material Particulado de tamaño aerodinámico 10 micrones y 2,5 micrones, denominada estación El Alba, ubicada en el Hogar de Niñas El Alba, comuna de Osorno, la cual fue declarada como Estación de monitoreo de Material Particulado Respirable MP10, con representatividad poblacional (EMRP), mediante Resolución Exenta N° 1346, de 17 de diciembre de 2008, de la Secretaría Regional Ministerial de Salud de la Región de Los Lagos, con inicio de mediciones a partir del 1° de enero de 2008.

Esta estación realiza, además, desde el 1° de enero del año 2009, mediciones de Material Particulado Fino Respirable MP2,5 y fue declarada como Estación de monitoreo de Material Particulado Fino Respirable MP2,5, con representatividad poblacional (EMRP), mediante Resolución Exenta N° 1456, de 14 de junio de 2012, de la Secretaría Regional Ministerial de Salud de la Región de Los Lagos, la cual fue modificada por las Resoluciones Exentas N° 820, de 06 de julio de 2012, y N° 1176, de 25 de julio de 2012, ambas de la Secretaría Regional Ministerial de Salud de la Región de Los Lagos.

En la ciudad de Osorno, a la fecha sólo se registra una estación de monitoreo (Figura 2), ubicada en el Hogar de Niñas El Alba Barros Arana 2203, comuna de Osorno, la cual cumple con las condiciones exigidas para calificarla como "EMRP" tanto para MP10 como MP2,5¹.

En esta estación, se monitorean de forma horaria, contaminantes y parámetros meteorológicos.

Las variables consideradas en el análisis básico son detalladas a continuación y corresponden a los siguientes parámetros.

MP10 : Material particulado con diámetro aerodinámico $\leq 10 \mu\text{m}$ ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)

MP2,5 : Material particulado con diámetro aerodinámico $\leq 2.5 \mu\text{m}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

VV: Velocidad del viento (m/s)

DV: Dirección del viento (Grados)

TA: Temperatura ambiental (°C)

¹ Todas las Resoluciones que califican a las estaciones como EMRP, mencionadas en párrafo anteriores, se adjuntan al presente informe

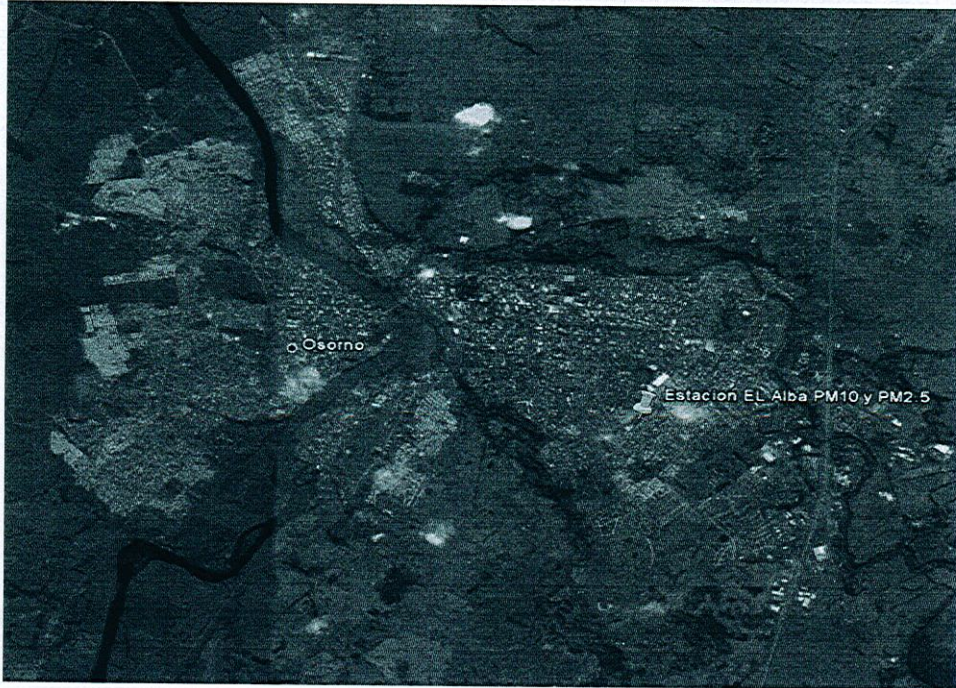


Figura 2. Ubicación de la Estación el Alba en la comuna de Osorno

4.1.1 Análisis de rosa de los vientos año 2009

La Figura 3a) muestra la rosa de los vientos para el período de Enero - Febrero 2009. Se observa que en esta época, el viento sopla marcadamente en dirección Norte y Nor-Oeste, con velocidades máximas que alcanzan los 5,7 m/s, seguida de 2,1 y 3,6 m/s. La dirección también se genera en menor frecuencia en dirección Nor-Este alcanzando velocidades máximas de hasta los 8,8 m/s.

Respecto a las frecuencias, la Figura 3b) muestra predominancia de velocidades en el rango de 0,5-2,1 m/s en este período con un 45,9 %, por su parte, las velocidades de entre 2,1 y 3,6 m/s se producen un 33,1% y velocidades mayores de hasta los 5,7 m/s se producen un 14,1%. Velocidades mayores de hasta los 8,8 m/s, solo se alcanzan un 0,4% del tiempo en este período. Las calmas alcanzan el 6,5% en el periodo evaluado.

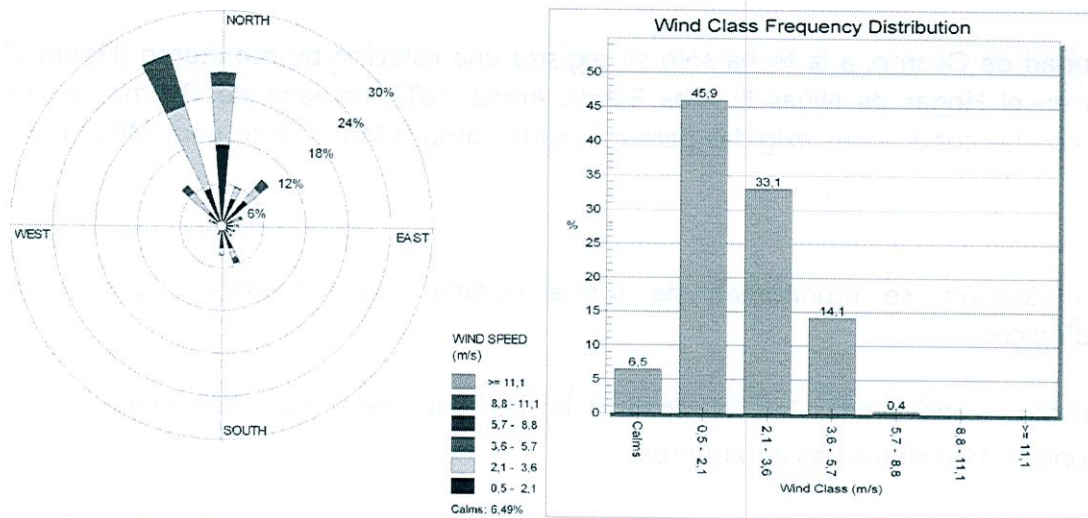


Figura 3. a) Rosa de los vientos período Enero-Febrero 2009 y b) gráfica de distribución de frecuencias.

La Figura 4a) muestra la rosa de los vientos para el período de Junio – Agosto de 2009. Se observa que en esta época, el viento sopla marcadamente en dirección Sur con velocidades máximas que alcanzan los 8,8 m/s como máxima. La velocidad más marcada en esta dirección se encuentra entre los 2,1 a 3,6 m/s.

Respecto a las frecuencias, la Figura 4b) muestra predominancia de velocidades en el rango de 0,5-2,1 m/s en este período con un 53,1 %, por su parte, las velocidades de entre 2,1 y 3,6 m/s se producen un 23,4% y velocidades mayores de hasta los 5,7 m/s se producen un 6,7%. Velocidades mayores de hasta los 8,8 m/s, solo se alcanzan un 0,4% del tiempo en este período. Las calmas alcanzan los 16,4% lo cual incide en los episodios de contaminación.

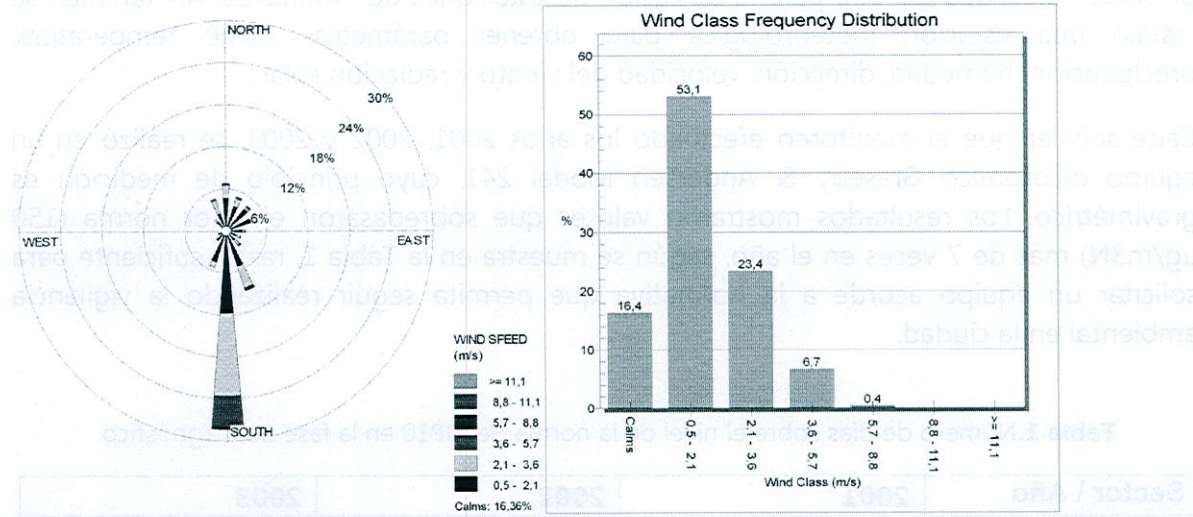


Figura 4. a) Rosa de los vientos período Junio – Agosto 2009 y b) gráfica de distribución de frecuencias.

4.1.2 Análisis de Temperatura (°C)

Se observa que la serie de tiempo de esta estación no es caótica, apreciando claramente la estacionalidad. En el análisis de los datos del año 2008, las temperaturas promedio fluctúan entre los 7,2 a 18,3 °C, el valor máximo registrado corresponde a 26,3 °C, el cual se registró en el mes de Enero, por el contrario, el valor mínimo registrado corresponde a 3,4 °C, el cual se registró el mes de Septiembre, seguido por 4,4 °C, registrado en los meses de Mayo, Julio y Agosto.

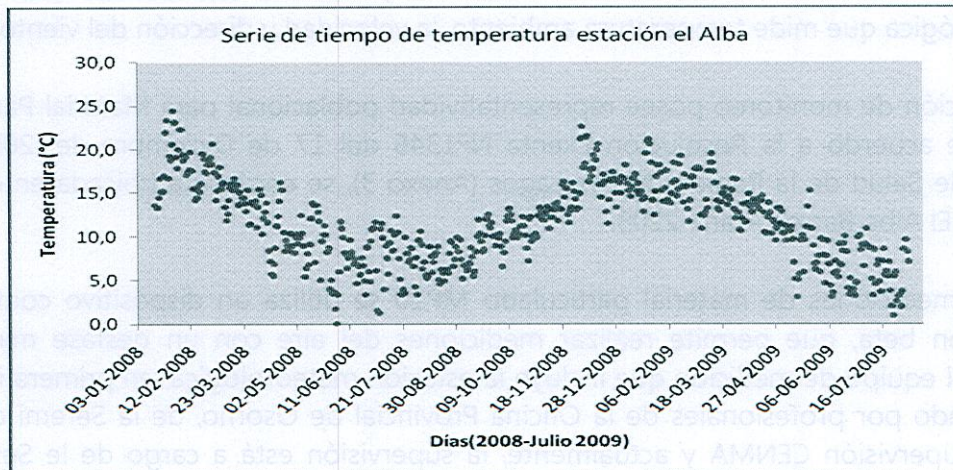


Figura 5. Registros de temperaturas presentes en el área de estudio.

4.2 ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE EN OSORNO

4.2.1 Fase de Diagnóstico

En el año 2001 la ciudad de Osorno fue considerada para realizar un monitoreo de calidad del aire, utilizando para ello un equipo de monitoreo dicótomo, en el marco de la generación de antecedentes para la elaboración de la norma de calidad primaria para

MP2,5. Ello, por cuanto en el país sólo existía norma para el material particulado menor a 10 micras (MP10).

Luego para iniciar el estudio, se instaló un equipo de monitoreo continuo de concentración de material particulado menor a 10 micrómetros, en terrenos adyacentes al estadio Olimpia, sector considerado representativo de la ciudad, luego de una apreciación de las condiciones atmosféricas y topográficas, y considerando lo establecido en la norma primaria de calidad del aire para la ubicación de estaciones de monitoreo. Allí también se instaló una estación meteorológica para obtener parámetros como temperatura, precipitación, humedad, dirección, velocidad del viento y radiación solar.

Cabe señalar que el monitoreo efectuado los años 2001, 2002 y 2003, se realizó en un equipo dicotómico Graseby & Andersen Model 241, cuyo principio de medición es gravimétrico. Los resultados mostraron valores que sobrepasaron el valor norma (150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) más de 7 veces en el año, según se muestra en la Tabla 1, razón suficiente para solicitar un equipo acorde a la normativa que permita seguir realizando la vigilancia ambiental en la ciudad.

Tabla 1. Número de días sobre el nivel de la norma de MP10 en la fase de diagnóstico.

Sector \ Año	2001	2002	2003
Cesar Ercilla	19	5	21

4.2.2 Fase de Monitoreo Continuo

Luego de terminada la fase de diagnóstico, a principios del año 2008, se dio inicio a nuevas mediciones de la calidad del aire en la ciudad de Osorno, comenzando a monitorear oficialmente el Material Particulado grueso y fino, de acuerdo al DS N° 59/1998 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia y además del uso de una estación meteorológica que mide temperatura ambiente, la velocidad y dirección del viento.

Esta estación de monitoreo posee representatividad poblacional para Material Particulado MP10, de acuerdo a la Resolución Exenta N°1346 del 17 de Diciembre del 2008 de la SEREMI de Salud de la Región de Los Lagos (Anexo 3), se encuentra ubicada en el Hogar de Niñas El Alba Barros Arana 2203.

Para las mediciones de material particulado MP10 se utiliza un dispositivo continuo de atenuación beta, que permite realizar mediciones del aire con un desfase mínimo de tiempo. El equipo de medición que incluye la estación meteorológica, en primera instancia fue operado por profesionales de la Oficina Provincial de Osorno, de la Seremi de Salud bajo la supervisión CENMA y actualmente, la supervisión está a cargo de le Seremi del Medio Ambiente de la Región de los Lagos, y la estación es operada por la empresa de servicios tecnológicos ambientales ESETEC.

La medición continua de MP2,5 comenzó a partir del 01 de enero del año 2009, mediante un equipo basado en medición por atenuación beta. La estación de monitoreo fue calificada como EMRP mediante la Resolución Exenta N° 1456 del 14 de junio de 2012, de la Secretaría Regional Ministerial de Salud de la Región de Los Lagos, la cual fue modificada por las Resoluciones Exentas N° 820, de 06 de julio de 2012, y N° 1176, de 25 de julio de 2012, ambas de la Secretaría Regional Ministerial de Salud de la Región de Los Lagos².

² Adjuntas al presente informe

Con los monitoreos realizados en la estación El Alba se constata que los años de medición oficial se registraron valores de superación de la norma DS 59/1998 para MP10 y superación de la norma DS 12/2011 para MP2,5. Demostrando de esta manera la necesidad de declarar a Osorno como zona saturada por material particulado respirable MP10 y MP2,5.

Tabla 2. Número de días sobre el nivel de la norma de MP10 en la fase de monitoreo continuo

Estación \ Año	2008	2009	2010	2011
El Alba	19	38	27	32

Tabla 3. Superación de la norma de MP2,5 en la fase de monitoreo continuo

Percentil 98 \ Año	2009	2010	2011
El Alba	184	322	185

Según indica el artículo 6° de la Norma de Calidad Primaria de MP10, las condiciones de cumplimiento para la calificación de una estación monitora de material particulado respirable como una EMRP deberán ser evaluadas nuevamente en la etapa de recopilación de antecedentes para la declaración de zona saturada o latente.

De acuerdo a los antecedentes entregados por la Autoridad Sanitaria, en Oficio N° 540 de fecha 10 de Julio del 2012 de la Autoridad Sanitaria.

- ✓ La estación de monitoreo se encuentra ubicada en el patio interior del "Hogar de niñas el Alba" ubicado en la intersección de las calles El Alba y Quilpué.
- ✓ Equipo de Monitoreo: Monitor continuo en tiempo real de MP10 tecnología de atenuación Beta – marca Thermo FH 62C-14. Este equipo cumple con el artículo 7° del DS N° 59/1998 MINSEGPRES, que señala como uno de los métodos de medición de PM10 los basados en el principio de atenuación beta.
- ✓ Se ha realizado la calibración y mantención preventiva y operativa de la Estación. El año 2009 a abril de 2010 fue realizada por técnicos del Centro Nacional del Medio Ambiente CENMA y desde mayo de 2010 a la fecha por empresa ESETEC. Todo lo anterior de acuerdo a las especificaciones y recomendaciones del fabricante.
- ✓ La Estación de Monitoreo se encuentra ubicada en el patio interior del "Hogar de niñas el Alba" ubicado en la intersección de las calles El Alba y Quilpué, sector central de la ciudad, la cual tiene un alcance de un radio de 2 km. en el sector, siendo representativa para la población expuesta.

4.3 ANÁLISIS DE CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA

4.3.1 Normas primarias de calidad del aire

Según la Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente, las normas de calidad primaria son instrumentos de gestión ambiental que establecen los límites para proteger la salud de las personas. En la Tabla 4 se puede verificar los valores establecidos en las normas chilenas para material particulado y sus formas de verificación.

Tabla 4. Normas primarias de calidad de aire vigentes en Chile y sus características para MP.

Contaminante	Valor	Periodo de Evaluación	Forma de Verificación	Fuente Normativa
Material particulado respirable (MP10)	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	Promedio aritmético de 24 hrs.	Percentil 98 de valores de un año o más de 7 días en un año.	D.S. N° 59/1998 del MINSEGPRES
	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	Promedio aritmético anual	Promedio aritmético de 3 años consecutivos.	
Material particulado respirable (MP2,5)	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Promedio aritmético de 24 hrs.	Percentil 98 de valores de un año.	D.S. N° 12/2011 del Ministerio del medio Ambiente
	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Promedio aritmético anual.	Promedio aritmético de 3 años consecutivos.	

Actualmente en la ciudad de Osorno solo se mide material particulado de tamaño aerodinámico 10 y 2,5 micrones.

4.3.2 Análisis del cumplimiento de la norma de MP10

De acuerdo al monitoreo realizado en la estación de monitoreo con representatividad poblacional presente en la ciudad de Osorno, en el periodo comprendido entre enero del año 2008 hasta diciembre del año 2011, para MP10 se obtuvieron concentraciones resumidas en los parámetros que se presentan en la Tabla 5. Mayor detalle de las mediciones de cada año se puede observar en el Anexo 2.

Tabla 5. Resumen concentraciones de MP10 en la estación el Alba.

	2008	2009	2010	2011
Promedio Anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	58	61	58	60
Máximo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	487	395	385	390
N° datos validados	310	358	334	317
Percentil 98	212	302	280	289
% de la norma	141%	201%	186%	193%
N° días >150	19	38	27	32
N° días >120	29	45	39	44
Promedio tri-anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 2008- 2010	59			
Promedio tri-anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 2009- 2011		60		

Los resultados de las mediciones permiten concluir que la norma de calidad primaria de 24 horas para MP10 se encuentra sobrepasada, tanto por el número de días (línea verde) como por el valor del percentil 98 (línea azul), según se muestra en la Figura 6.

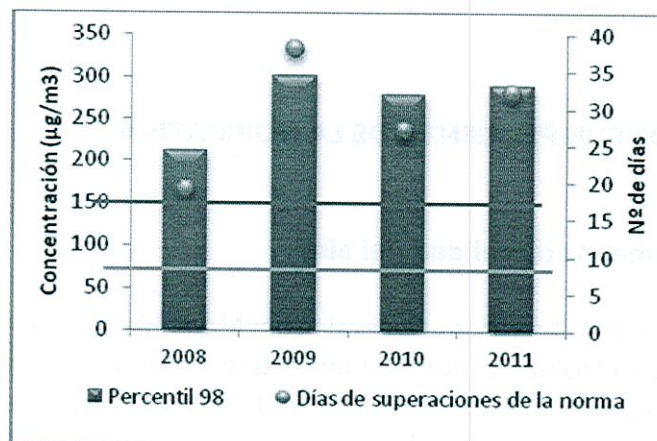


Figura 6. Superación de la norma MP10 periodo 2008-2011
 — MP10percentil 98 promedio 24h (150 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)
 — Límite Norma MP10 Número de días de superación de la norma durante 1 año (7 días)

El DS N° 59/1998 del MINSEGPRES que establece Norma de Calidad Primaria para Material Particulado Respirable MP10, en especial de los valores que definen situaciones de emergencia, señala que será sobrepasada dicha norma de acuerdo a las siguientes condiciones:

- *"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 monitora clasificada como EMRP, sea mayor o igual a 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$."*

De acuerdo a los datos presentados, el Percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante los años 2008, 2009, 2010 y 2011 es igual a 212, 302, 280 y 289 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente.

- *"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 MP10 clasificada como EMRP, un número de días con mediciones sobre el valor de 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mayor que siete (7)."*

De acuerdo a los datos presentados, el número de días de superación de norma durante los años 2008, 2009, 2010 y 2011 es igual a 19, 38, 27 y 32 respectivamente.

- *"Se considerará sobrepasada la norma primaria anual de calidad del aire para material particulado respirable MP10, cuando la concentración anual calculada como promedio aritmético de tres años calendario consecutivos en cualquier estación monitora clasificada como EMRP, sea mayor o igual que 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, si correspondiere de acuerdo a lo que se indica en el punto IV. Metodologías de Pronóstico y Medición.3 4"*

De acuerdo a los datos presentados, el promedio aritmético de tres años calendario consecutivo considerando el periodo entre 2009 y 2010 es igual a 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.3.3 Análisis del cumplimiento de la norma de MP2,5

De acuerdo al monitoreo realizado en la estación de monitoreo con representatividad poblacional presente en la ciudad de Osorno, en el periodo comprendido entre enero del año 2009 hasta diciembre del año 2011, para MP2,5 se obtuvieron concentraciones resumidas en los parámetros que se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6. Resumen concentraciones de MP2,5 en la estación el Alba.

	2009	2010	2011
Promedio Anual	36	72	43
Máximo	266	479	341
Nº datos validados	349	242	224
Percentil 98	184	322	185
% de la norma	368%	643%	371%
Nº días > 50	74	79	27
Nº días > 40	91	98	46
Promedio tri-anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 2009-2011	50		

Los resultados de las mediciones permiten concluir que la norma de calidad primaria de 24 horas para MP2,5 se encuentra sobrepasada, de acuerdo al resultado del percentil 98 (línea azul), según se muestra en la Figura 7.

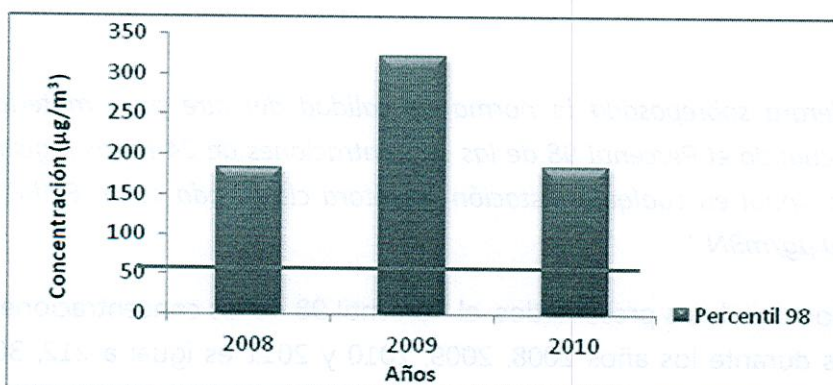


Figura 7. Superación de la norma MP2,5 periodo 2009-2011

— Límite Norma MP2,5 percentil 98 promedio 24h (50 µg/m³N)

El DS N° 12/2011 del Ministerio del Medio Ambiente, que establece Norma Primaria de Calidad del Aire para Material Particulado Fino Respirable MP2,5, en especial de los valores que definen situaciones de emergencia, señala que será sobrepasada dicha norma de acuerdo a las siguientes condiciones:

- *“Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad Cuando el percentil 98 de los promedios diarios registrados durante un año, sea mayor a 50µg/m3, en cualquier estación monitorea calificada como EMRP...”*

De acuerdo a los datos presentados, el Percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante los años 2009, 2010 y 2011 son igual a 184, 322 y 185 µg/m3 respectivamente.

- *“Cuando el promedio tri-anual de las concentraciones anuales sea mayor a 20 (µg/m3), en cualquier estación monitorea calificada como EMRP.*

De acuerdo a los datos presentados, el promedio aritmético de tres años calendario consecutivo considerando el periodo entre 2009 y 2011 es igual a 50 µg/m3, obtenido de datos medidos en la estación el Alba.

4.4 ESTACIONALIDAD DEL PROBLEMA DE CONTAMINACIÓN

En la ciudad de Osorno la contaminación del aire pasa a un primer plano durante los meses de Mayo a Septiembre, lo que se comprueba al observar las figura 8 que representan el promedio 24 horas de MP10 para los años 2008 al 2011.

Asimismo, la concentración promedio de 24 horas de MP2,5, representada en la figura 9, para los años 2009 al 2011, demuestra la clara estacionalidad del problema de la contaminación en Osorno.

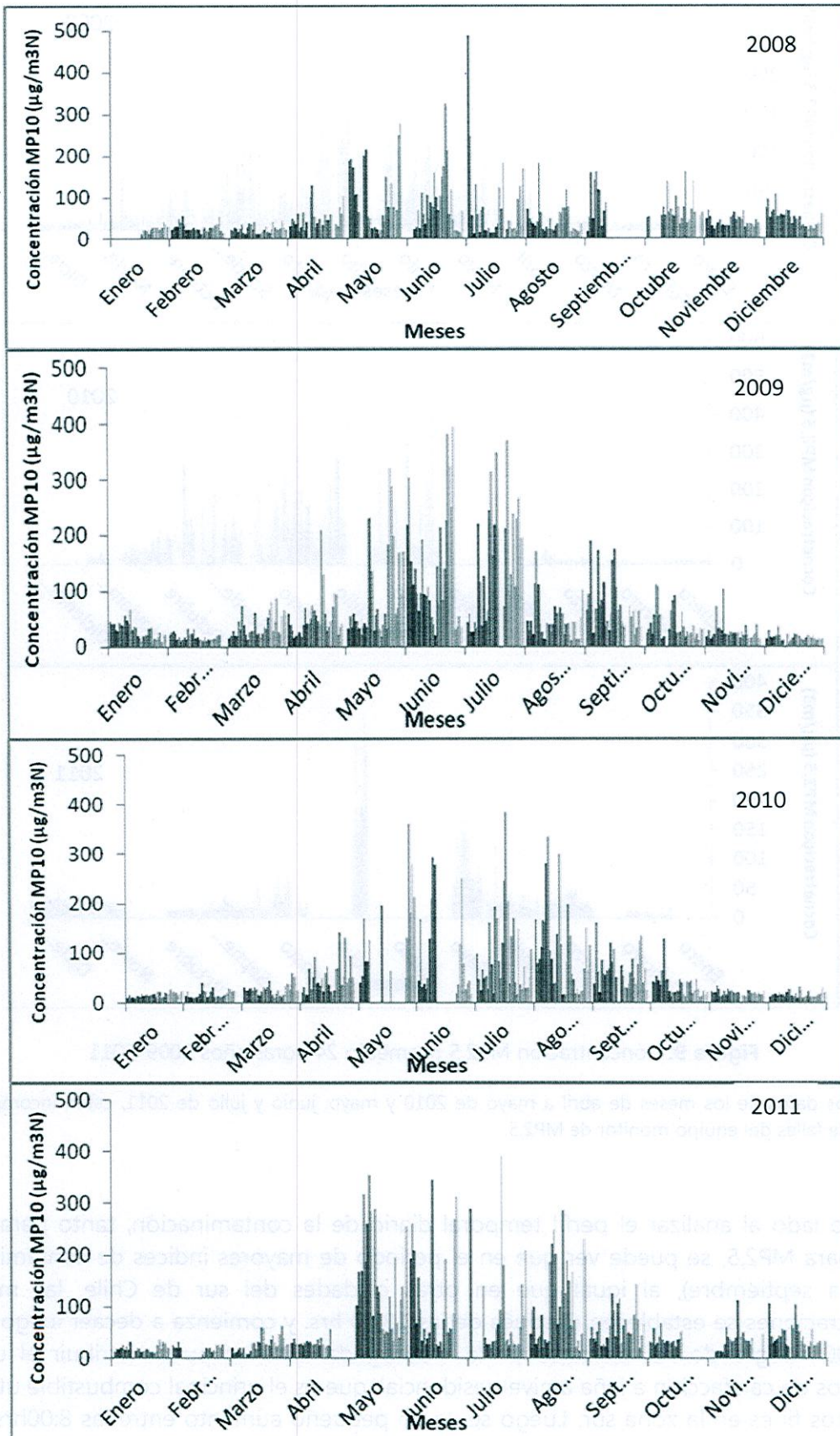


Figura 8. Concentración MP10 promedio 24 horas años 2008-2011

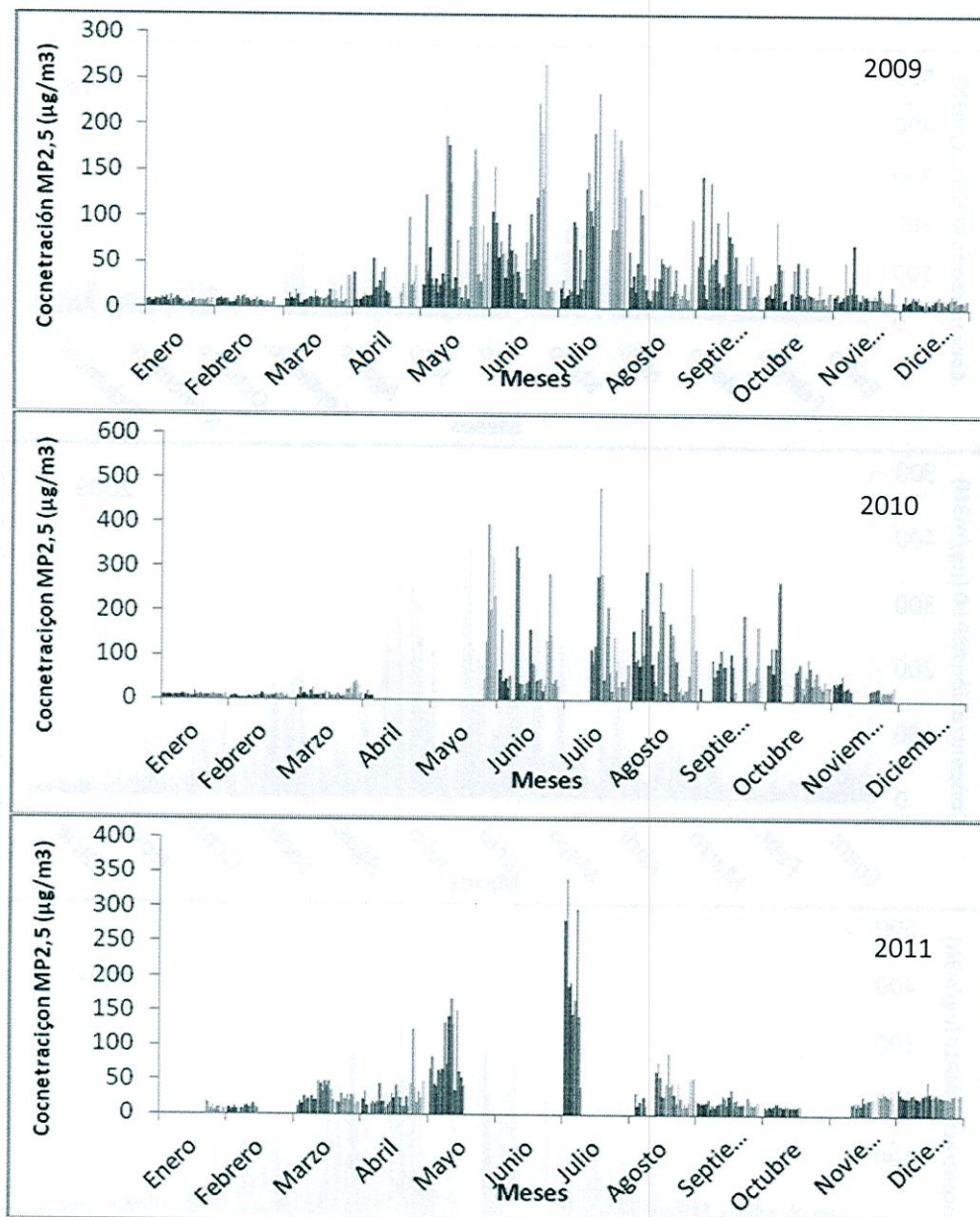
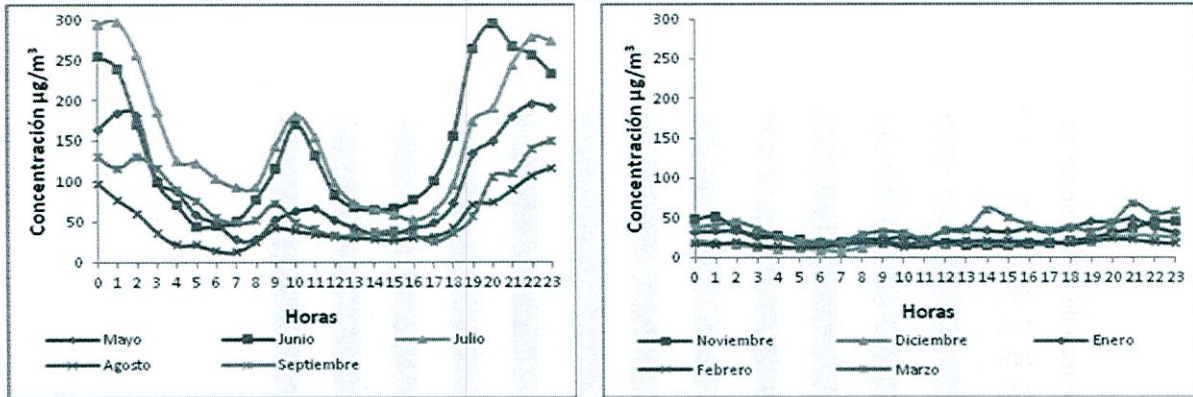


Figura 9. Concentración MP2,5 promedio 24 horas años 2009-2011

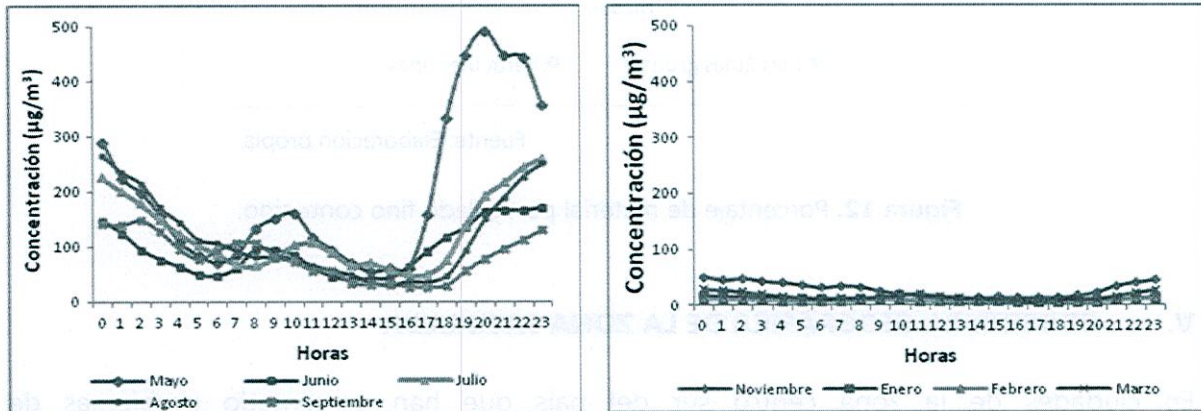
NOTA: Los datos de los meses de abril a mayo de 2010 y mayo, junio y julio de 2011, están incompleto en función de fallas del equipo monitor de MP2,5.

Por otro lado al analizar el perfil temporal diario de la contaminación, tanto para MP10 como para MP2,5, se puede ver que en el período de mayores índices de contaminación (mayo a septiembre), al igual que en otras ciudades del sur de Chile, las mayores concentraciones se establecen después de las 18:00 hrs. y comienza a decaer luego desde las 23:00hrs logrando normalizarse en la madrugada. Esto se puede atribuir al uso de artefactos de calefacción a leña a nivel residencial, que es el principal combustible utilizado para estos fines en la zona sur. Luego se ve un pequeño aumento entre las 8:00hrs hasta las 12:00hrs. Al analizar la época de mayores temperaturas (noviembre a marzo) se ve que los índices de contaminación se mantienen bajos, y con una curva menos pronunciada, reafirmando la causa del aumento de la concentración.



Fuente: Elaboración propia

Figura 10. Ciclos de la concentración diario de MP10 (año 2009)

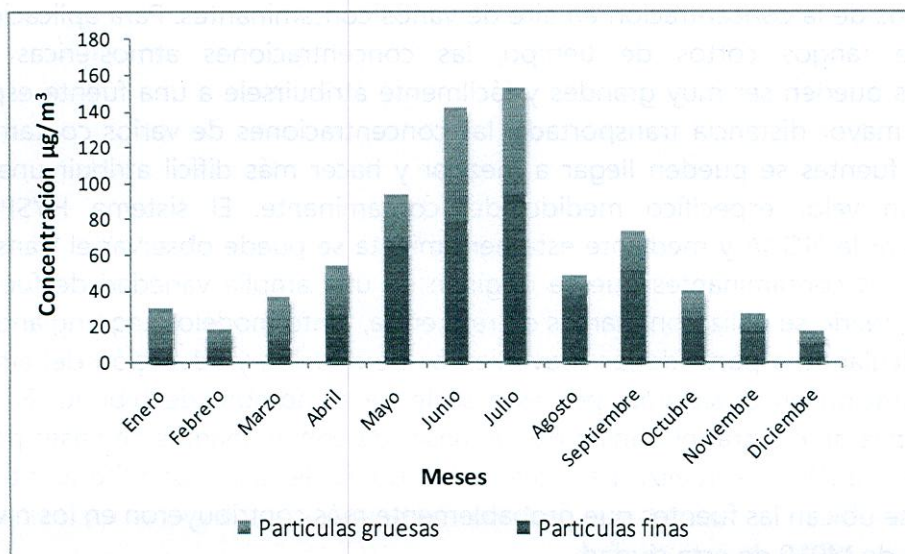


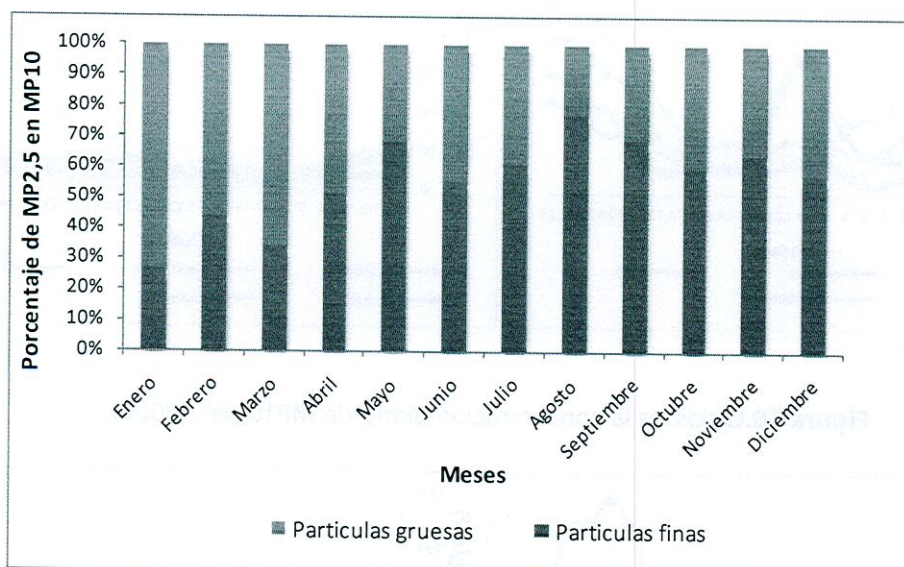
Fuente: Elaboración propia

Figura 11. Ciclos de la concentración diario de MP2,5 (año 2010)

4.5 PROPORCIÓN DE MATERIAL PARTICULADO FINO MP2,5 EN EL MP10

En la literatura internacional se han determinado relaciones entre el material particulado fino y el material particulado grueso, que entregan valiosa información para determinar su procedencia. En el gráfico de la figura 12 se analiza la proporción de MP2,5 contenido en el MP10 respirable, se observa que existe una proporción mayor en algunos meses del año, específicamente en los meses más fríos, donde el material particulado fino $2,5\mu\text{m}$ alcanza valores límites de hasta 77%, superando las proporciones registradas en la ciudad de Temuco, que determinan una relación del 70%, generando de esta forma mayores impactos en salud. En el caso de los meses de mayores temperaturas la relación del MP2,5 contenido en el MP10 disminuye abruptamente llegando a valores del 26%, indicando de esta forma la incidencia que tiene el uso de leña húmeda para calefacción en la ciudad de Osorno.





Fuente: Elaboración propia

Figura 12. Porcentaje de material particulado fino contenido.

V. COBERTURA GEOGRÁFICA DE LA ZONA SATURADA

En ciudades de la zona centro sur del país que han presentado problemas de contaminación atmosférica asociados principalmente a la combustión residencial de leña, para ello se han realizado diversos estudios para la delimitación de un área de influencia para declaración de zonas saturada por MP10. Estos estudios han utilizado distintas metodologías para estimar el área de influencia.

En el caso de Osorno se realizó un estudio de delimitación de Zona Saturada por MP10, la metodología utilizada respecto a la información disponible es la del análisis de las trayectorias de masas de aire, el cual se desarrolló utilizando el modelo Hysplit (Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model), perteneciente a NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). En este estudio también se utilizó el modelo meteorológico WRF (Weather Research and Forecasting) v3.0, el cual constituye una herramienta de modelación meteorológica sofisticada en la actualidad a nivel mundial, para obtener mayor información de la zona de estudio.

5.1 ALCANCES DEL ANÁLISIS DE TRAYECTORIAS

Los modelos de dispersión atmosférica son comúnmente diseñados, evaluados y probados utilizando datos de la concentración en aire de varios contaminantes. Para aplicaciones de dispersión de rangos cortos de tiempo, las concentraciones atmosféricas de los contaminantes pueden ser muy grandes y fácilmente atribuírsele a una fuente específica. Así mismo, a mayor distancia transportada, las concentraciones de varios contaminantes de diferentes fuentes se pueden llegar a mezclar y hacer más difícil atribuir una fuente acertada a un valor específico medido del contaminante. El sistema HYSPLIT fue desarrollado por la NOAA y mediante esta herramienta se puede observar el transporte y dispersión de los contaminantes que se originan en una amplia variedad de fuentes de emisión. Para crearlo se utilizaron marcos de referencia, tanto modelos Lagrangianos como Eulerianos, calculando a partir de los movimientos de difusión y advección del aire como de la concentración en el sistema, por esto se le da el nombre de híbrido. El modelo HYSPLIT es capaz de mostrar el transporte de masas de contaminantes de gases primarios y partículas. Este análisis se realiza para diferentes horas del día y permite identificar las zonas donde se ubican las fuentes que probablemente más contribuyeron en los niveles de concentración de MP10 de esta ciudad.

Para el análisis de Trayectorias se seleccionaron tres días con niveles más altos de concentración promedio 24 horas de MP10 dentro de los meses de mayo, junio, julio, agosto y septiembre del 2008. Luego a partir del perfil temporal se seleccionaron los intervalos de tiempo para la posterior generación de trayectorias de viento.

5.2 RESULTADOS DE LAS TRAYECTORIAS DE MASAS DE AIRE EN OSORNO

El análisis del movimiento de las masas de aire y de trayectoria de vientos, durante los episodios propuestos y estudiados, indican que estos son mayoritariamente predominantes desde el Noroeste, pero a bajas velocidades.

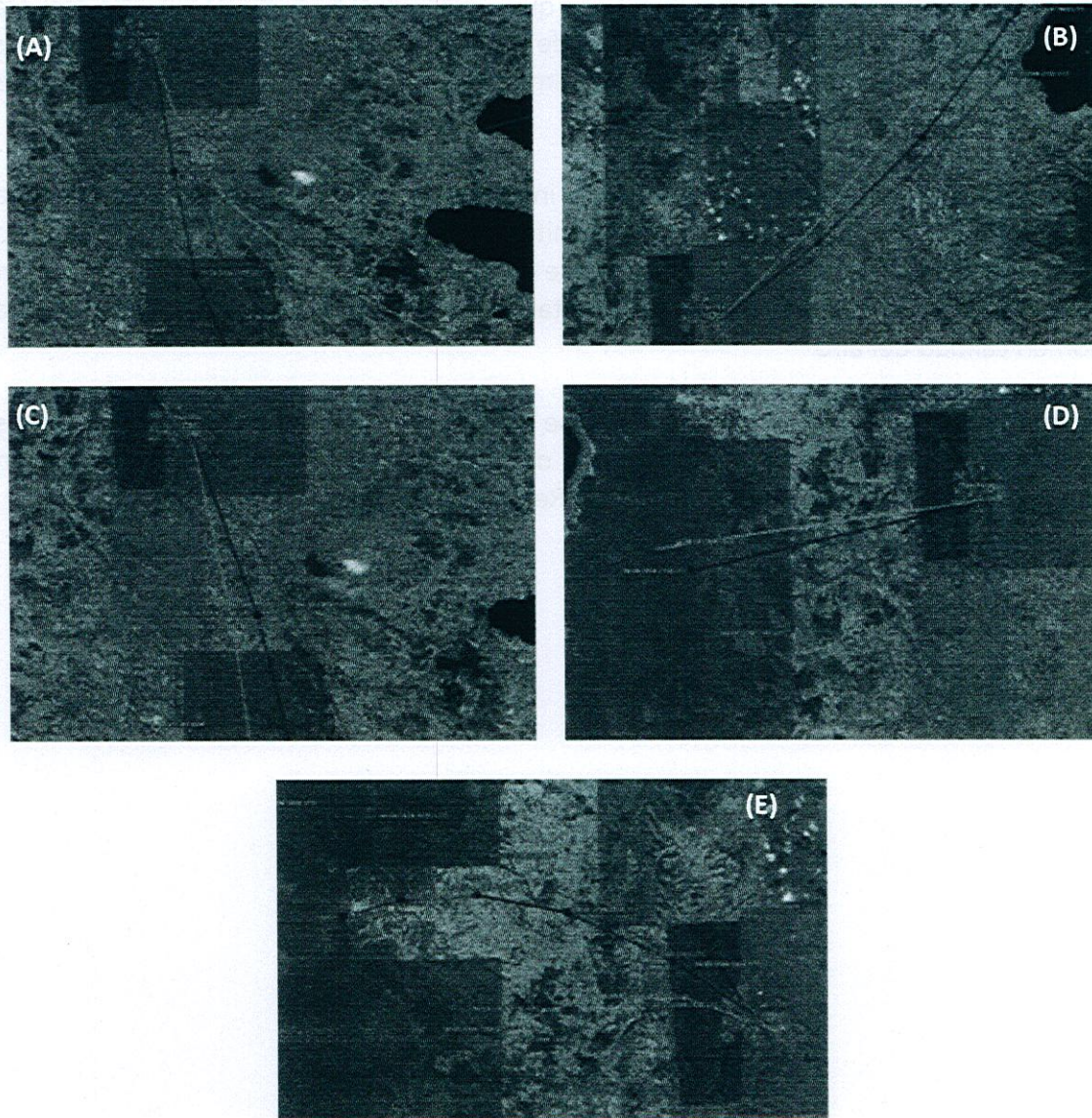


Figura 13. Trayectorias; (A) 28 de Mayo, (B) 21 de Junio, (C) 01 de Julio, (D) 07 de Agosto y (E) 06 de Septiembre del 2008. 23:00hrs (azul); 21:00 (rojo); 19:00hrs (verde)

5.3 RECOMENDACIONES PARA LOS LÍMITES DE LA ZONA SATURADA

Al ver los resultados de la modelación de trayectoria de masas de aire obtenidos en estudio denominado "Determinación de la Zona saturada por material particulado respirable de Osorno", realizado por la UCT año 2009³, se determinó que el área afectada corresponde a un Polígono que posee un perímetro de 51,30 Km y comprende un área de 155,35 km², que abarca a la población urbana de la comuna de Osorno, y a las

³ Adjunto al presente informe

S 10000

000012 VTA

localidades rurales como Cuiuco, Las Quemadas, Barro Blanco y Polloico, cuyas coordenadas y área pueden revisarse en los resultados del Estudio adjunto,

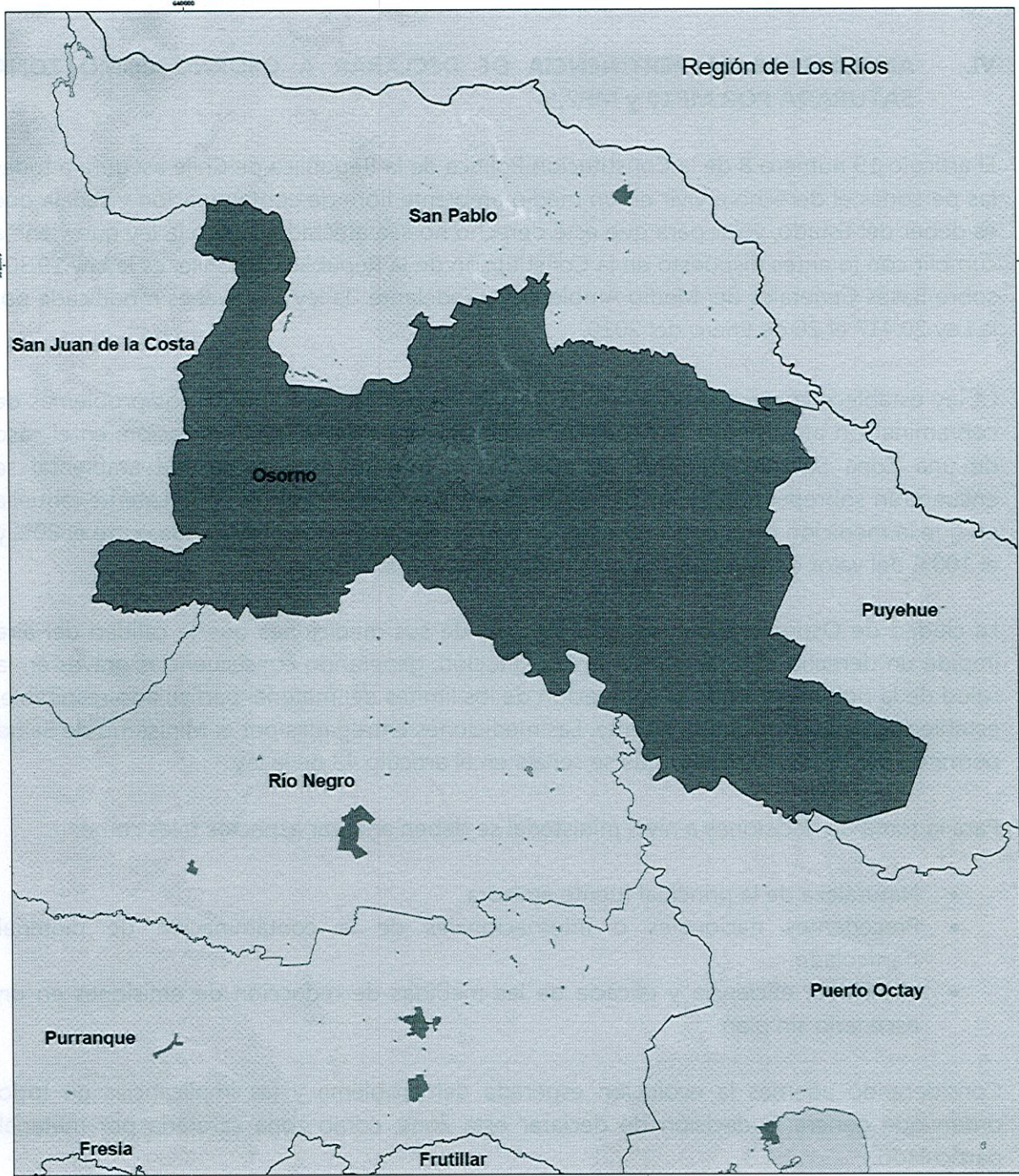
Esta área incorpora zonas aledañas a la urbe donde se realizan actividades de eliminación de rastrojos a través de quemadas agrícolas, además de la generación de incendios forestales, que son focos de contaminación que pueden perdurar en el tiempo de acuerdo a las condiciones meteorológicas.

Con la entrada en vigencia del DS 12, norma de calidad ambiental para material particulado fino MP2,5 el área de influencia debe considerar una mayor extensión al área urbana, en función del mayor potencial de dispersión que posee el MP2,5 al recorrer mayores distancias.





El área debe incorporar todas las actividades que pudieran afectar de una u otra manera los niveles de contaminación, puesto que de no ser así existe la posibilidad que las emisiones de una fuente aledaña a la zona impacten en ésta y no se logre reducir los niveles por debajo de la normativa vigente.

En función de las dimensiones del área de influencia se propone declarar como zona saturada toda la comuna de Osorno, cuyos límites geográficos se establecen en el Decreto con Fuerza de Ley N°3-18.175, específicamente en el artículo 10. Además una delimitación de tipo político-administrativa permite facilitar la aplicación de instrumentos para la gestión en calidad del aire

En resumen el área geográfica que se solicita se declare saturada por MP2,5 y MP10, dados los fundamentos ya señalados, es la comuna de Osorno, que se muestra a continuación con sus correspondientes límites dentro de la Región de Los Lagos:



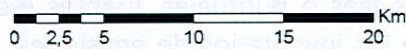
Leyenda

-  Áreas urbanas
-  Comuna de Osorno
-  Lagos y lagunas
-  Océano Pacífico

Modelo de elevación digital

-  High : 3969.75
-  Low : -265.827

WGS 1984 UTM Zone 18S
Projection: Transverse Mercator
Linear Unit: Meter
GCS WGS 1984
Datum: D WGS 1984



Elaborado por Unidad de gestión de información territorial (UGIT)
Depto. de Ordenamiento Territorial
División de Planificación y Desarrollo
Gobierno Regional de Los Lagos
fmarinkonc@gorelotalagos.cl

Figura 14. Mapa de localización geográfica de la Comuna de Osorno y Zona Urbana

VI. ANÁLISIS DE LA PERTINENCIA DE DECLARAR A OSORNO COMO ZONA SATURADA POR MP10 y MP2,5

El artículo 19 número 8 de la Constitución Política de la República de Chile asegura a todas las personas el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación y señala que es deber del Estado, velar para que este derecho no sea afectado. Luego la ley que viene a cumplir con lo antes dispuesto en la Constitución de la República de Chile, es la Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente (en adelante "la ley") la cual es modificada por la Ley 20.417 el 26 de Enero del 2010.

La ley establece como instrumentos de gestión ambiental para abordar los problemas de contaminación atmosférica, los correspondientes Planes de Descontaminación, en el caso de una Zona Saturada (aquella en que una o más normas de calidad ambiental se encuentran sobrepasadas) y los planes de prevención, en el caso de Zona Latente (aquella en que la medición de la concentración de contaminantes en el aire se sitúa entre el 80% y el 100% del valor de la respectiva norma de calidad ambiental).

La ciudad de Osorno ha demostrado a través de sus mediciones que la calidad del aire impide un derecho que manifiesta la Constitución, generando consecuencias graves en la salud de la población, dado la superación de los límites del material particulado respirable, establecidos en la normativa vigente. Las mediciones entregadas por el Ministerio de Salud permiten dar inicio al proceso que se señala en el artículo 43 de la ley.

Para la toma de decisiones a nivel ministerial se deben analizar aspectos tales como:

- Naturaleza de la principal fuente emisora.
- Precedentes nacionales o internacionales de la contaminación de material particulado.
- Viabilidad, eficiencia y eficacia de las medidas de reducción de emisiones en un escenario sin plan.

Considerando además la evolución esperada del problema y las implicancias de todo orden que genera la decisión de declarar esta zona, como zona saturada por material particulado.

6.1 NATURALEZA DE LA PRINCIPAL FUENTE EMISORA

Para determinar el origen de la contaminación atmosférica de un determinado lugar, inicialmente se debe establecer un catastro de todas las fuentes inmersas en la zona de análisis, esto considera fuentes fijas o puntuales, fuentes móviles y fuentes de área. Este resultado se obtiene mediante los inventarios de emisiones. Los inventarios de emisiones son herramientas útiles para tener una estimación de la distribución de los contaminantes de acuerdo a su fuente generadora. En el caso de la ciudad de Osorno se dispone de información de estudios que señalan cuál es la distribución de los principales contaminantes.

6.1.1 Estimación de aportes a la contaminación atmosférica por uso de leña en la ciudad de Osorno

De acuerdo a datos reportados por el SNCL en el sector residencial urbano de Osorno:

- 82% de las viviendas consumen leña, aprox. 30.866 viviendas.
- Total del Consumo: 438.292 metros de leña por año.
- Consumo promedio: 14,2 metros/año/vivienda.

- Forma de compra: 39% camión ambulante, 33% picaduría, 16% directamente del productor.
- 79% de los consumidores no reciben boleta por la compra.
- Representación de mercado \$7.892.493.362.- pesos al año, sólo por venta de leña residencial.
- Equipos utilizados: 66% cocina a leña; 18% combustión; 12% cocina y combustión lenta; 2% salamandra.

Con estos datos, fue posible estimar una de las principales componentes de las emisiones de la comuna, que corresponde a la combustión residencial. Al considerar sólo una parte de las fuentes areales, las fuentes fijas y móviles recopiladas de los reportes entregados en el RETC año 2008, se obtuvieron valores estimativos para definir un inventario de emisiones de la ciudad de Osorno, presentados en la Tabla 6.

Tabla 6. Estimación de emisiones en la ciudad de Osorno.

Fuente	MP10	MP2,5	CO	NO _x	SO _x	COVs
Fuentes Puntuales	119,75	74,00	216,46	149,45	1546,54	8,55
Fuentes Areales*	4343,72	4212,68	29728,63	319,96	48,21	21810,20
Fuentes Móviles	433,91	93,20	1217,17	668,59	10,52	342,12
Total	4897,38	4379,88	31162,26	1138,00	1605,16	22160,87

Fuente: RETC, 2008 y Cocel 2007.

*En la categoría fuentes areales solo se ha considerado la combustión residencial, faltando para el cálculo las quemadas agrícolas, incendios forestales, uso de pesticidas y otros.

Los resultados indican que la principal fuente emisora de material particulado es la combustión residencial de leña con un valor que equivale a 88,7% del total de las emisiones de material particulado MP10 registrada por el inventario, constituyéndose de esta forma en el principal problema a abordar en el futuro PDA.

Una realidad similar se encuentra en la ciudad de Temuco, en la cual ya cuenta con un Plan de Descontaminación y que de acuerdo a sus estimaciones, la combustión residencial de leña aportaba al año 2004, un 87,2% de las emisiones totales. Este plan está principalmente orientado a medidas relacionadas con el uso y mejoramiento de la calidad de la leña, el uso y mejoramiento de la calidad de los artefactos residenciales que combustionan leña, la aislación térmica de las viviendas, la educación ambiental, entre otras.

La generación de un gran número de antecedentes, en estudios contratados para el plan de Temuco ha servido como base no sólo para esa ciudad, sino que también para todas las que se ubican en la macrozona sur, que poseen similares características geográficas y hábitos de la población. La experiencia adquirida en la implementación de este plan servirá para delimitar las líneas de acción en la potencial Zona Saturada de Osorno, dada las similitudes del problema que origina esta situación, y además tener una mayor experiencia de la efectividad de las medidas propuestas, disminuyendo los tiempos de ejecución de las mismas.

6.1.2 Zonas Saturadas, Latentes y en Vías de Declaración.

Uno de los primeros planes de descontaminación, como lo es el de Temuco y Padre Las Casas, es un ejemplo en el desarrollo de medidas relacionadas con la reducción del material particulado proveniente de combustión de leña a nivel residencial. La generación de un gran número de antecedentes, en estudios contratados para el plan, ha servido

como base no solo para esa ciudad, sino que también para todas las que se ubican en la macrozona sur, que poseen similares características geográficas y hábitos de la población. La experiencia adquirida en la implementación de este plan servirá para delimitar las líneas de acción en la potencial Zona Saturada de Osorno, dada las similitudes del problema que origina esta situación, y además tener una mayor experiencia de la efectividad de las medidas propuestas, disminuyendo los tiempos de ejecución de las mismas.

6.1.3 Otros antecedentes

Actualmente existe una estrategia de leña implementada por el Ministerio del Medio Ambiente, en la cual se plantean medidas similares a las propuestas en planes de descontaminación en ejecución actualmente.

Esta estrategia trata de abordar el problema desde todas sus aristas, sin embargo para agilizar cada una de estas medidas es necesario que todos los actores involucrados estén alineados para lograr de la mejor forma estos objetivos. Es aquí donde surge la problemática, ya que cada medida lleva consigo costos que deben asumir tanto el sector público como el privado.

En el caso del sector público el involucramiento en un escenario sin plan, solo con acciones voluntarias, es mucho más complejo ya que estos se muestran reacios a trabajar en temas en los cuales no sienten que son preponderantes para su gestión, que radica específicamente en temas sectoriales.

Por otra parte que la declaración de zonas saturadas (o latentes) da el respaldo necesario para poder acceder a financiamiento adicional por parte de organismos sectoriales para la implementación de medidas, aunque no exista un PDA o PPA vigente.

En caso del sector privado al no verse forzado a cumplir con requisitos normados, tiene baja participación en medidas que pudieran apoyar a la reducción de emisiones. Como ejemplo de esta situación se tiene a comerciantes de leña, que actualmente solo realizan una certificación de leña de tipo voluntaria, la cual no logra sus objetivos en totalidad dada la falta de recursos y poca formalidad del comercio de esta misma.

La declaración de zona saturada y posterior presentación de un Plan de Descontaminación, transforma la obligación adquirida en un asunto relevante para la evaluación de desempeño sectorial o al menos en uno que no se puede obviar para dichos efectos.

VII. CONCLUSIONES

De acuerdo a la información meteorológica y de calidad del aire recopilada, se determina que en los meses de bajas temperaturas, específicamente desde Mayo a Septiembre y con condiciones atmosféricas de calmas en las vientos, se favorecen los episodios de contaminación atmosférica, debido a la baja dispersión de los contaminantes provenientes principalmente de la combustión de leña para calefacción.

Del análisis de los datos entregados y validados por la SEREMI de Salud de la Región de Los Lagos, a través del ordinario N°540 del 10 de julio de 2012, correspondientes a las concentraciones de material particulado respirable MP10 para el periodo 2008 al 2011, se determina que existe superación progresiva de la norma de 24hr y de la norma anual en la estación de monitoreo de representación poblacional denominada El Alba. Por tanto es necesario declarar a Osorno como zona saturada.

Respecto a la constatación de la superación de la norma de MP2,5, a través de Ord. N°540 de 10 de Julio de 2012 correspondiente a las concentraciones de MP2,5 para el periodo

2009 al 2011, se determina que existe superación progresiva de la norma de 24hrs y anual de MP2,5 en la estación de monitoreo de representación poblacional denominada El Alba.

Por lo anteriormente expuesto se propone declarar zona saturada por MP10 y MP2,5 tanto por la **norma diaria y anual** de ambos contaminantes a la COMUNA DE OSORNO.

Para determinar a la comuna de Osorno como zona saturada por MP10 se realizó un estudio utilizando un análisis de las trayectorias de masas de aire, posteriormente con la entrada en vigencia del DS 12, norma de calidad ambiental para material particulado fino MP2,5 el área de influencia debe considerar una mayor extensión al área urbana, en función del mayor potencial de dispersión que posee el MP2,5 al recorrer mayores distancias y considerando que la relación de MP10 y MP2,5 indica que el mayor porcentaje de material particulado generado de la combustión corresponde a MP2,5. De acuerdo a lo señalado las dimensiones del área de influencia, se propuso declarar como zona saturada toda la **comuna de Osorno**, cuyos límites geográficos se establecen en el Decreto con Fuerza de Ley N°3-18.175, específicamente en el artículo 10. Además una delimitación de tipo político-administrativa permite facilitar la aplicación de instrumentos para la gestión en calidad del aire.

El declarar a Osorno como una zona saturada permitirá tomar medidas más rigurosas para mejorar la calidad del aire a razón que se daría un carácter de tipo legal al problema de la contaminación por material particulado MP10 y MP2,5, permitiendo tomar medidas como disminuir paulatinamente el uso de leña húmeda, hasta llegar a restringirla en su totalidad, o la disminución gradual del uso de la quema de biomasa agrícola y forestal, entre otras medidas.

La aplicación de medidas de carácter sinérgico en un escenario con plan permitirá abordar el problema con una visión de largo plazo y de forma permanente, con el objetivo de modificar las conductas de la población en relación al uso más eficiente del combustible para calefacción y buscando nuevas tecnologías y formas de calefacción.

VIII. ESTUDIOS DISPONIBLES EN LA CIUDAD DE OSORNO

- Estudio "Determinación de la Zona Saturada por Material Particulado Respirable de Osorno", UCT 2009.
- Mediciones de Calidad de Aire y Análisis de la Contaminación Atmosférica en la ciudad de Osorno, X Región (digital), CENMA 2003.

000015

000015 VTA

Por lo anteriormente expuesto, se propone declarar zona saturada por MP10 y MP2.5 a la comuna de Osorno, en virtud de los resultados obtenidos en el estudio de campo y laboratorio, los cuales demuestran que los niveles de concentración de estas partículas exceden los límites establecidos en la Ley N° 18.172, específicamente en el artículo 10. Además, una detección de tipo político-administrativo permite facilitar la aplicación de instrumentos para la gestión en calidad del aire.

IX. ANEXOS

El declarar a Osorno como una zona saturada por MP10 y MP2.5, permite adoptar como medida de mejoría la calidad del aire a través de un carácter de tipo legal al declarar de contaminación por material particulado MP10 y MP2.5, permitiendo tomar medidas como disminuir paulatinamente el uso de leña húmeda, hasta llegar a restringir en su totalidad, a la disminución gradual del uso de la quema de chimeneas agrícolas y forestales, entre otras medidas.

La aplicación de medidas de carácter técnico en un escenario con planicie permite declarar el problema con una visión de largo plazo y de forma permanente con el objetivo de modificar las conductas de la población en relación al uso de leña húmeda, así como de declarar zona saturada por MP10 y MP2.5, cuando nuevas tecnologías y procesos de producción para la generación y uso de energía eléctrica y térmica sean aplicados.

VIII. ESTUDIOS DISPONIBLES EN LA CIUDAD DE OSORNO

En virtud de los antecedentes mencionados, se realizó un estudio de campo y laboratorio, el cual permitió determinar los niveles de concentración de MP10 y MP2.5 en la comuna de Osorno, en virtud de los resultados obtenidos en el estudio de campo y laboratorio, los cuales demuestran que los niveles de concentración de estas partículas exceden los límites establecidos en la Ley N° 18.172, específicamente en el artículo 10. Además, una detección de tipo político-administrativo permite facilitar la aplicación de instrumentos para la gestión en calidad del aire.

ANEXO 1. Informe Superación de Norma MP10 y MP2,5 enviados por la Autoridad Sanitaria a Seremi de Medio Ambiente Región de Los Lagos.

000009

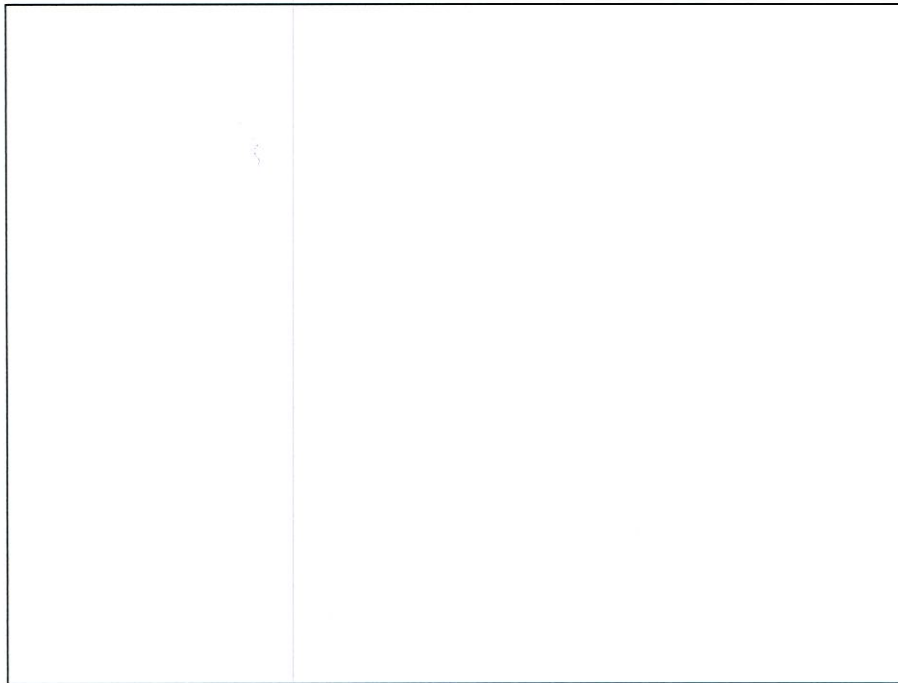
Seremi del Medio Ambiente, Región de Los Lagos
Informe Técnico para declarar Zona Saturada por MP10 y MP2.5 a la comuna de Osorno

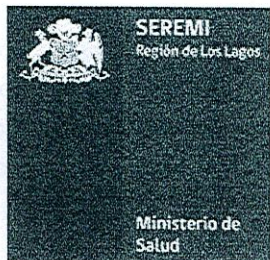
000016 VTA

ANEXO 2. Resoluciones de Calificación de Representatividad Poblacional de la Estación tanto para MP10 como MP2,5.

ANEXO 3. Información Digital

- Estudio "Determinación de la Zona Saturada por Material Particulado Respirable de Osorno", UCT 2009.
- Mediciones de Calidad de Aire y Análisis de la contaminación Atmosférica en la ciudad de Osorno, X Región (digital), CENMA 2003.





INFORME TÉCNICO DE CALIDAD DEL AIRE OSORNO REGIÓN DE LOS LAGOS

Tabla 1. Resumen de los resultados de las mediciones de calidad del aire en la estación de Osorno.

Parámetro	Valor	Unidad	Norma
PM10	120	µg/m³	150
PM2.5	45	µg/m³	50
SO2	10	ppb	10
NO2	15	ppb	15
O3	30	ppb	30
CO	1.0	ppm	1.0
NO	0.5	ppm	0.5
Acidez	5.5	pH	5.0 - 6.5
Alcalinidad	150	mg/L	150
Conductividad	100	µS/cm	100
Temperatura	15	°C	15
Humedad	60	%	60
Velocidad del viento	2	m/s	2
Presión atmosférica	1013	hPa	1013
Visibilidad	10	km	10

JULIO 2012

310000

000018 VTA

1. Calidad del Aire en Osorno

En la ciudad de Osorno los temas de calidad del aire pasan a un primer plano durante los meses de otoño a invierno, ya que las condiciones climáticas en esta época del año ponen en evidencia el problema de la contaminación atmosférica por consumo de leña.

En la ciudad de Osorno se encuentra operativa una estación de monitoreo de material particulado de tamaño aerodinámico 10 micrones, denominada Estación el Alba, calificada como Estación de Monitoreo con Representatividad Poblacional (EMRP) según Res. 1346/08 de la SEREMI de Salud Región de los Lagos, del 17 de diciembre de 2008, con inicio de mediciones a partir del 1 de enero de 2008. Esta estación también realiza desde el año 2009 mediciones de material particulado fino de diámetro aerodinámico 2,5 micrones. La cual se encuentra autorizada, como estación de Material Particulado 2.5 con Representatividad Poblacional (EMRP) a través de Resolución Exenta N° 1456 de la SEREMI de Salud Región de los Lagos del 14 Junio de 2012.

La estación de monitoreo se encuentra ubicada en el patio interior del "Hogar de niñas el Alba" ubicado en la intersección de las calles El Alba y Quilpué. Las mediciones de contaminantes se realizan mediante monitores continuos de material particulado 10 y 2,5 de atenuación beta, que permite realizar mediciones de calidad del aire, con un desfase mínimo de tiempo. El equipamiento incluye una estación meteorológica y es operado por la empresa ESETEC bajo supervisión de la SEREMI de Medio Ambiente de la Región de los Lagos.

2. Monitoreo de Calidad del Aire en Osorno

2.1 Monitoreo de Calidad del Aire para MP 10 periodo 2008-2011

De acuerdo al monitoreo realizado en la EMRP El Alba presente en la ciudad de Osorno, en el periodo comprendido entre enero de 2008 y diciembre de 2011, se obtuvieron concentraciones de MP10 resumidas en los parámetros que se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Resumen concentraciones de MP10 en la estación en Alba

	2008	2009	2010	2011
Promedio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	58	61	58	60
Máximo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	487	395	385	390
Nº datos validados	310	358	334	317
Percentil 98	212	302	280	289
% de la norma	141%	201%	186%	193%
Nº días > 150	19	38	27	32
Nº días > 120	29	45	39	44
Episodios críticos	8	26	15	22
Alerta Ambiental	3	14	5	7
Preemergencia Ambiental	4	8	7	12
Emergencia Ambiental	1	4	3	3
Promedio tri-anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			59	60

Respecto a los parámetros señalados en la Tabla 1 cabe mencionar que las concentraciones han sobrepasado los límites señalados en el D.S. Nº 59/98 que establece Norma de Calidad Primaria para Material Particulado Respirable MP10, en especial de los valores que definen situaciones de emergencia, que señala que la concentración máxima de MP10 es $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como concentración de 24 horas, y además fija que en un periodo anual esta norma no puede ser sobrepasada más de 7 días. Ambas condiciones ha superado durante los 4 años de monitoreo señalados, como se muestra en la Figura 1. Por otra parte, se puede observar que las altas concentraciones de MP10 han dado lugar a episodios críticos de contaminación, llegando incluso a episodios de Emergencia Ambiental en los 4 años de monitoreo.

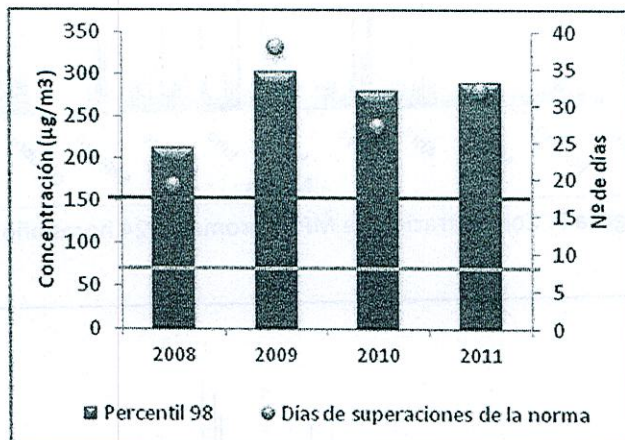


Figura 1. Superación de la norma MP10 periodo 2008-2011

— Límite Norma MP10 promedio 24h ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)
 - - - Límite Norma MP10 Número de días de superación de la norma durante 1 año (7 días)

La Figura 2 evidencia la estacionalidad de la contaminación atmosférica en la ciudad de Osorno, observándose que los promedios mensuales de MP10 son más elevados en los meses de otoño e invierno.

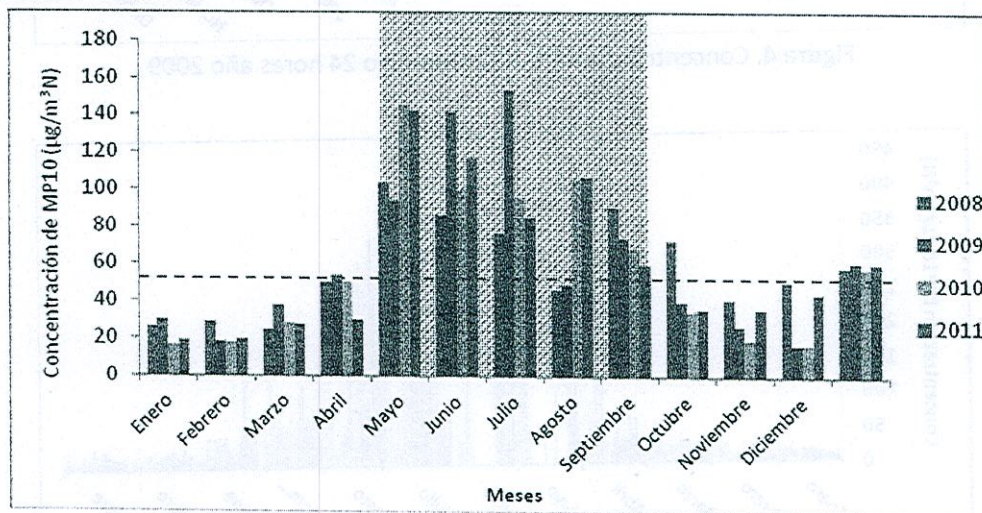


Figura 2. Estacionalidad de la contaminación atmosférica por MP10 en la ciudad de Osorno

- - - Límite norma anual MP10 ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)

A continuación se presenta los gráficos de distribución anual del promedio de 24 horas de MP10 en el periodo comprendido entre 2008 y 2010. Los datos registrados para cada periodo se encuentran en los Anexos.

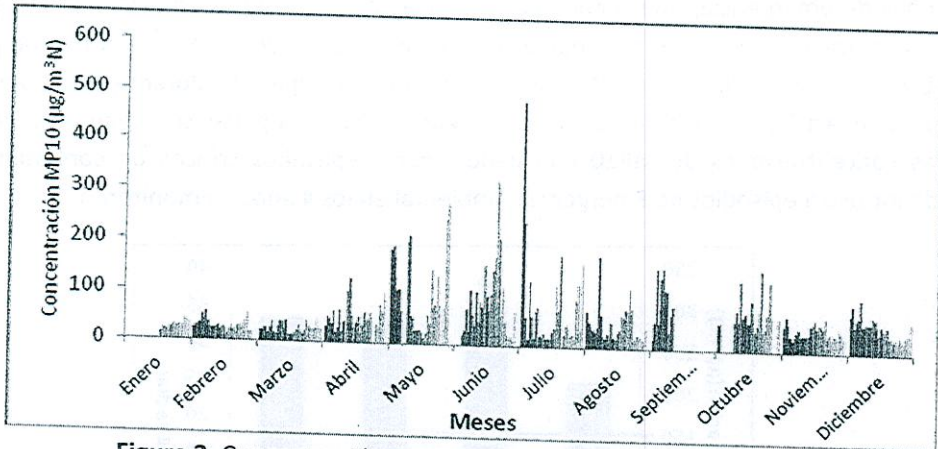


Figura 3. Concentración de MP10 promedio 24 horas año 2008

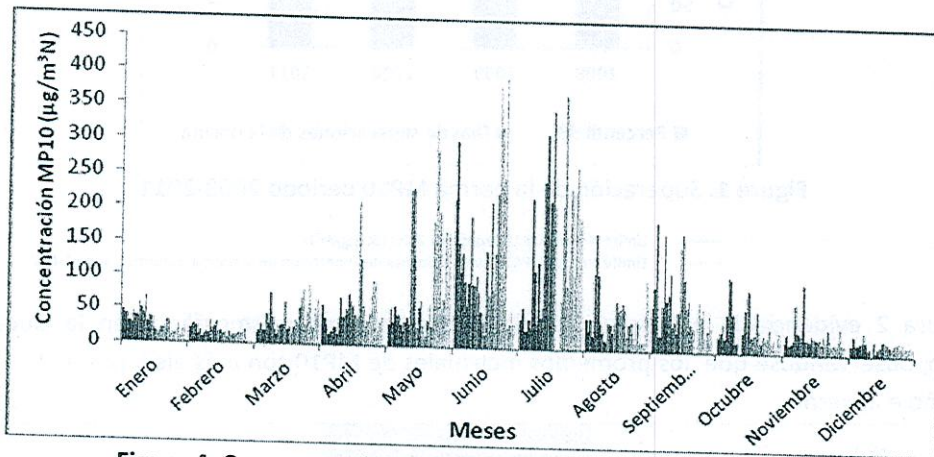


Figura 4. Concentración de MP10 promedio 24 horas año 2009

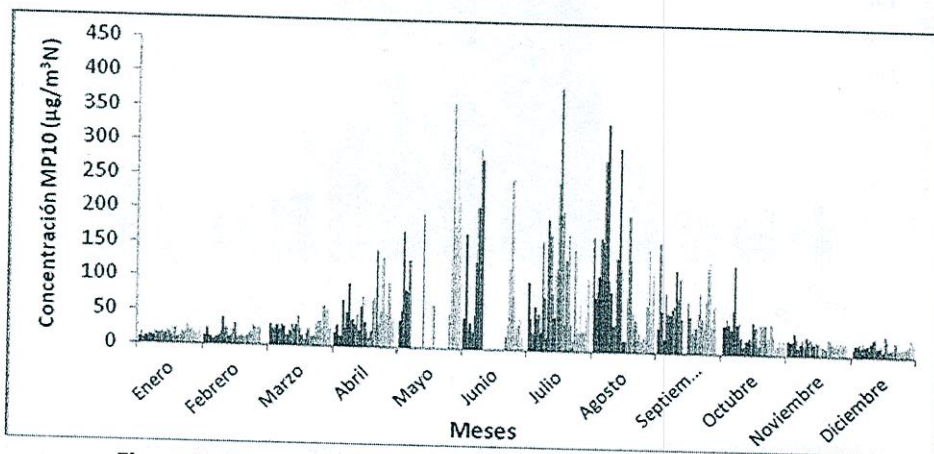


Figura 5. Concentración de MP10 promedio 24 horas año 2010

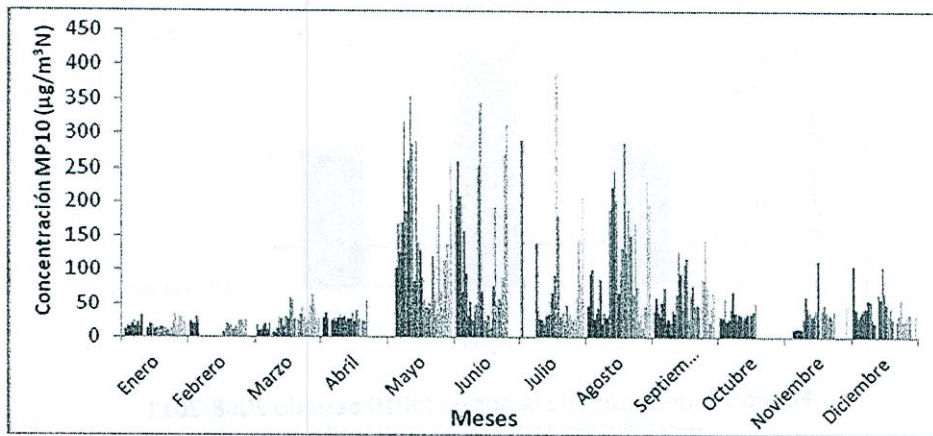


Figura 6. Concentración de MP10 promedio 24 horas año 2011

2.2 Monitoreo de Calidad del Aire para MP 2,5 periodo 2009-2011

De acuerdo al monitoreo de MP2,5 realizado en la Estación el Alba para la calidad del aire de la ciudad de Osorno, en el periodo comprendido entre enero de 2009 y diciembre de 2011, se obtuvieron concentraciones resumidas en los parámetros que se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Resumen concentraciones de MP2,5 en la estación en Alba

	2009	2010	2011
Promedio (µg/m ³)	36	72	43
Máximo (µg/m ³)	266	479	341
Nº datos validados	349	242	224
Percentil 98	184	322	185
% de la norma	368%	643%	371%
Nº días > 50	74	79	27
Episodios críticos	46	57	16
Alerta Ambiental	20	17	2
Preemergencia Ambiental	16	17	9
Emergencia Ambiental	10	23	5
Promedio tri-anual (µg/m ³)			50

Respecto a los parámetros señalados en la Tabla 1 cabe mencionar que las concentraciones han sobrepasado los límites señalados en el D.S. Nº 12/11 que establece Norma Primaria de Calidad Ambiental Para Material Particulado Fino Respirable MP2,5 que determina que la concentración máxima como promedio de 24 horas es de 50 µg/m³, norma que se ha superado durante los 3 años de monitoreo señalados como se muestra en la Figura 7. Por otra parte, se puede observar que las altas concentraciones de MP2,5 han dado lugar a episodios críticos de contaminación, llegando incluso a episodios de Emergencia Ambiental en todos los años de monitoreo.

000000

000020 VTA

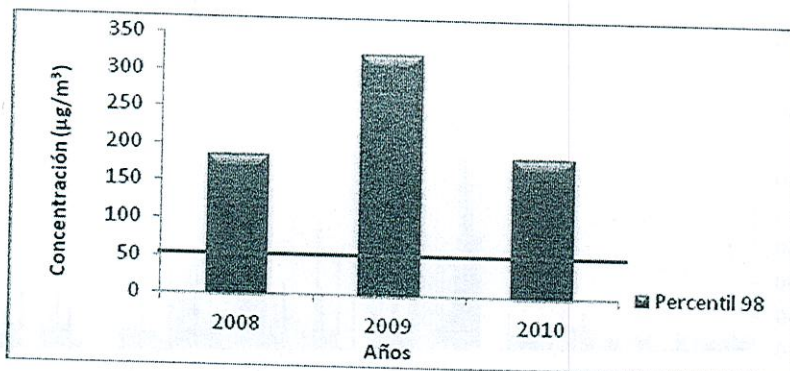


Figura 7. Superación de la norma MP10 periodo 2008-2011

La Figura 2 evidencia la estacionalidad de la contaminación atmosférica en la ciudad de Osorno, observándose que los promedios mensuales de MP10 son más elevados en los meses de otoño e invierno.

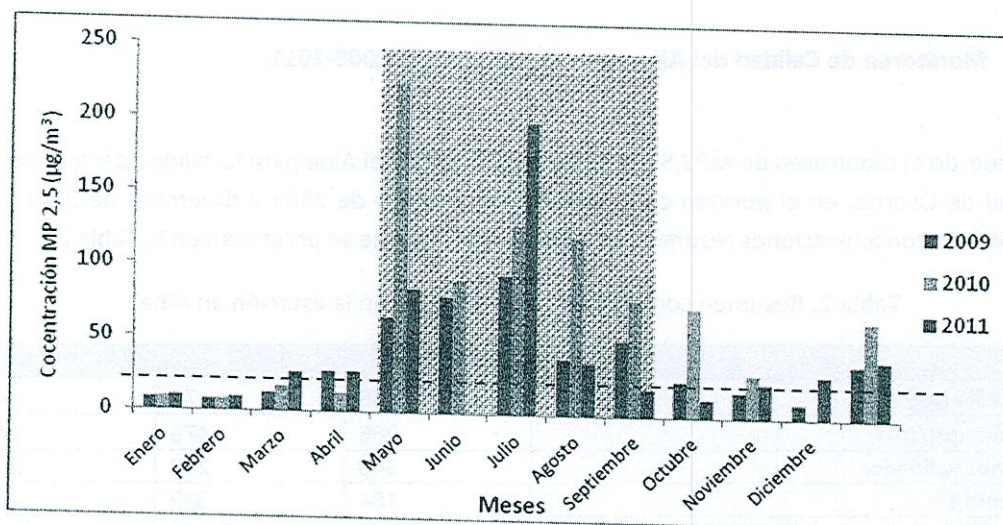


Figura 8. Estacionalidad de la contaminación atmosférica por MP2,5 en la ciudad de Osorno

A continuación se presenta los gráficos de distribución anual del promedio de 24 horas de MP2,5 en el periodo comprendido entre 2009 y 2011. Los datos registrados para cada periodo se encuentran en los Anexos.

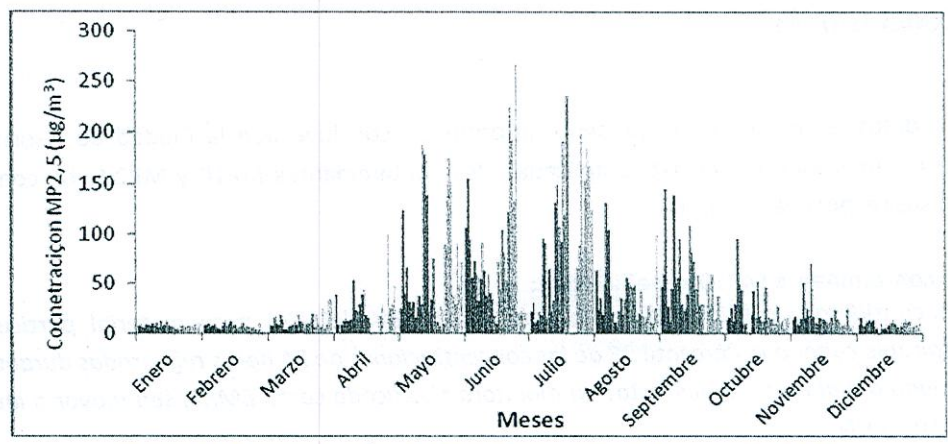


Figura 9. Concentración de MP2,5 promedio 24 horas año 2009

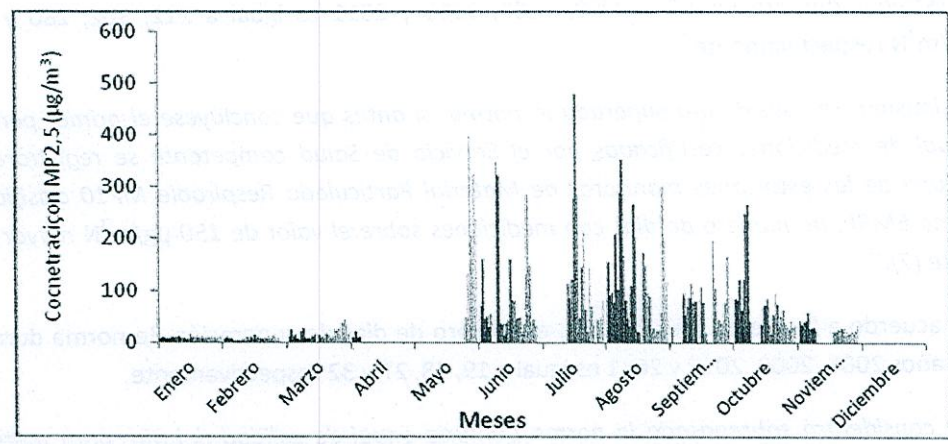


Figura 10. Concentración de MP2,5 promedio 24 horas año 2010

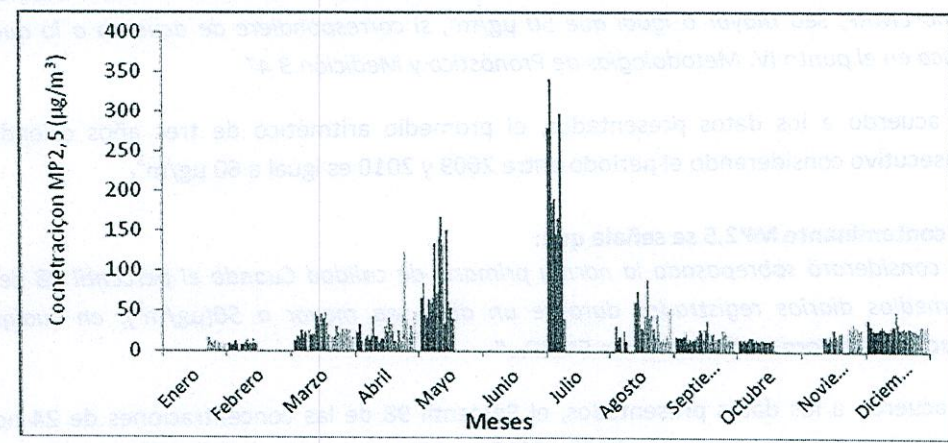


Figura 11. Concentración de MP2,5 promedio 24 horas año 2011

3. Conclusiones

Con los datos expuestos en el presente informe, se concluye que la Ciudad de Osorno se encuentra superando la normativa aplicada a los contaminantes MP10 y MP2,5, tal como lo indican sus respectivas normas.

Para el contaminante MP10 se señala que:

- *“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 monitora clasificada como EMRP, sea mayor o igual a $150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.”*

De acuerdo a los datos presentados, el Percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante los años 2008, 2009, 2010 y 2011 es igual a 212, 302, 280 y 289 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ respectivamente

- *“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 MP10 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).”*

De acuerdo a los datos presentados, el número de días de superación de norma durante los años 2008, 2009, 2010 y 2011 es igual a 19, 38, 27 y 32 respectivamente.

- *“Se considerará sobrepasada la norma primaria anual de calidad del aire para material particulado respirable MP10, cuando la concentración anual calculada como promedio aritmético de tres años calendario consecutivos en cualquier estación monitora clasificada como EMRP, sea mayor o igual que $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, si correspondiere de acuerdo a lo que se indica en el punto IV. Metodologías de Pronóstico y Medición.3 4”*

De acuerdo a los datos presentados, el promedio aritmético de tres años calendario consecutivo considerando el periodo entre 2009 y 2010 es igual a $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Para el contaminante MP2,5 se señala que:

- *“Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad Cuando el percentil 98 de los promedios diarios registrados durante un año, sea mayor a $50(\mu\text{g}/\text{m}^3)$, en cualquier estación monitora calificada como EMRP...”*

De acuerdo a los datos presentados, el Percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante los años 2009, 2010 y 2011 es igual a 184, 322 y 185 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente.

- *“Cuando el promedio tri-anual de las concentraciones anuales sea mayor a $20 (\mu\text{g}/\text{m}^3)$, en cualquier estación monitora calificada como EMRP.*

000000

000022

De acuerdo a los datos presentados, el promedio aritmético de tres años calendario consecutivo considerando el periodo entre 2009 y 2010 es igual a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, obtenido de datos medidos en la estación el Alba que se encuentra a la espera de tener la resolución que la califique como EMRP para MP2,5.

TABLE 1: Average annual concentration of PM2.5 at station Alba (2009-2010)

Year	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December	Annual Average
2009	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	42
2010	18	22	28	32	38	42	48	52	58	62	68	72	45
2011	12	18	22	28	32	38	42	48	52	58	62	68	40
2012	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	38
2013	14	19	24	29	34	39	44	49	54	59	64	69	41
2014	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	43
2015	13	18	23	28	33	38	43	48	53	58	63	68	40
2016	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	38
2017	17	22	27	32	37	42	47	52	57	62	67	72	45
2018	14	19	24	29	34	39	44	49	54	59	64	69	41
2019	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	42
2020	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	43
2021	13	18	23	28	33	38	43	48	53	58	63	68	40
2022	14	19	24	29	34	39	44	49	54	59	64	69	41
2023	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	42
2024	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	43
2025	13	18	23	28	33	38	43	48	53	58	63	68	40
2026	14	19	24	29	34	39	44	49	54	59	64	69	41
2027	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	42
2028	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	43
2029	13	18	23	28	33	38	43	48	53	58	63	68	40
2030	14	19	24	29	34	39	44	49	54	59	64	69	41
2031	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	42
2032	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	43
2033	13	18	23	28	33	38	43	48	53	58	63	68	40
2034	14	19	24	29	34	39	44	49	54	59	64	69	41
2035	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	42
2036	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	43
2037	13	18	23	28	33	38	43	48	53	58	63	68	40
2038	14	19	24	29	34	39	44	49	54	59	64	69	41
2039	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	42
2040	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	43

TABLE 2: Average annual concentration of PM10 at station Alba (2009-2010)

Year	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December	Annual Average
2009	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	55
2010	28	33	38	43	48	53	58	63	68	73	78	83	58
2011	22	27	32	37	42	47	52	57	62	67	72	77	52
2012	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	50
2013	24	29	34	39	44	49	54	59	64	69	74	79	54
2014	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	56
2015	23	28	33	38	43	48	53	58	63	68	73	78	53
2016	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	51
2017	27	32	37	42	47	52	57	62	67	72	77	82	57
2018	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	55
2019	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	56
2020	23	28	33	38	43	48	53	58	63	68	73	78	53
2021	24	29	34	39	44	49	54	59	64	69	74	79	54
2022	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	56
2023	23	28	33	38	43	48	53	58	63	68	73	78	53
2024	24	29	34	39	44	49	54	59	64	69	74	79	54
2025	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	56
2026	23	28	33	38	43	48	53	58	63	68	73	78	53
2027	24	29	34	39	44	49	54	59	64	69	74	79	54
2028	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	56
2029	23	28	33	38	43	48	53	58	63	68	73	78	53
2030	24	29	34	39	44	49	54	59	64	69	74	79	54
2031	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	56
2032	23	28	33	38	43	48	53	58	63	68	73	78	53
2033	24	29	34	39	44	49	54	59	64	69	74	79	54
2034	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	56
2035	23	28	33	38	43	48	53	58	63	68	73	78	53
2036	24	29	34	39	44	49	54	59	64	69	74	79	54
2037	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	56
2038	23	28	33	38	43	48	53	58	63	68	73	78	53
2039	24	29	34	39	44	49	54	59	64	69	74	79	54
2040	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	56

000000

000022VA

4. Anexos

4.1 Datos de Monitoreo de Calidad del Aire Estación el Alba para MP10

Tabla 3. Monitoreo Calidad del Aire MP10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) Estación el Alba Año 2008

Día/Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	--	23	22	30	186	--	487	71	19	52	49	74
2	--	29	21	49	193	--	246	50	52	53	68	95
3	--	30	27	44	173	--	57	42	160	--	54	51
4	--	32	25	35	106	22	14	36	49	--	30	64
5	--	49	17	62	108	29	131	30	141	--	24	69
6	--	40	25	19	64	70	58	41	161	--	31	108
7	--	56	37	28	--	26	16	182	118	--	38	55
8	--	35	16	64	--	111	69	63	115	--	45	54
9	--	24	14	21	200	58	78	24	32	56	31	58
10	--	24	28	40	215	37	21	19	67	78	34	57
11	--	23	38	--	55	106	18	28	86	56	32	56
12	--	26	37	101	50	48	26	23	--	139	33	70
13	--	29	24	127	25	88	16	50	--	65	32	66
14	--	22	40	53	25	76	16	22	--	73	51	52
15	--	26	14	29	29	158	16	20	--	57	57	37
16	--	24	12	38	23	100	28	31	--	54	64	54
17	14	13	14	49	13	68	36	35	--	102	47	47
18	23	22	17	20	21	102	122	64	--	78	54	46
19	22	29	22	33	57	150	72	61	--	37	51	53
20	20	21	31	58	41	175	181	75	--	49	47	30
21	14	19	18	46	148	326	--	74	--	78	67	33
22	23	29	15	46	76	212	23	119	--	161	28	27
23	29	28	22	58	77	58	43	78	--	38	35	28
24	31	25	40	--	134	119	40	18	--	45	29	24
25	27	34	29	--	77	47	22	18	--	71	35	32
26	28	36	24	35	--	21	25	26	--	139	34	29
27	23	54	23	31	70	20	17	22	--	65	28	24
28	28	20	26	77	248	19	96	19	--	--	46	33
29	40	16	44	62	278	15	125	17	--	--	39	39
30	36	--	29	102	--	67	33	37	--	56	27	37
31	32	--	23	--	--	168	--	--	63	--	61	61

Tabla 4. Monitoreo Calidad del Aire MP10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) Estación el Alba Año 2009

Día/Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	8,1	8,2	9,2	39,7	24,9	105,8	23,1	62,8	47,2	14,7	14,6	9,2
2	8,6	9,0	8,6	8,9	124,1	154,9	30,7	23,6	59,0	16,6	17,7	16,3
3	6,5	11,0	16,3	--	40,4	93,8	11,9	36,0	144,7	26,5	8,9	7,7
4	6,3	7,2	11,0	9,2	66,5	55,7	14,2	19,0	27,7	13,2	9,9	9,3
5	9,0	8,8	9,1	12,4	32,2	73,2	22,1	50,1	12,1	29,8	15,1	11,7
6	9,6	9,3	19,4	15,9	25,8	59,6	18,4	131,6	44,9	94,9	51,7	14,1
7	8,2	5,4	14,4	13,6	31,8	33,6	95,1	103,4	138,3	50,6	16,9	12,3
8	10,7	5,5	5,2	13,7	17,0	54,8	90,4	38,0	49,6	44,2	25,3	14,2
9	8,6	5,1	4,3	15,1	25,5	92,1	16,5	21,0	56,0	8,9	19,0	8,3
10	11,4	8,0	7,3	54,0	38,0	63,7	64,6	12,3	94,8	10,4	70,1	5,8
11	6,6	11,7	8,5	23,3	29,7	38,0	23,1	8,8	29,7	--	18,1	--
12	13,0	8,7	9,8	22,8	186,6	59,5	32,7	22,0	24,1	--	11,9	10,8
13	7,9	11,2	11,8	29,5	177,2	41,0	130,6	35,2	25,8	18,6	10,2	6,0
14	9,4	12,6	10,0	39,2	138,2	34,8	149,0	20,3	39,3	42,8	16,8	5,5
15	11,6	8,6	19,2	44,5	22,0	17,2	107,1	34,3	108,3	16,3	15,0	7,8
16	9,1	9,0	12,5	18,5	34,1	11,1	91,2	56,3	80,9	52,0	15,1	9,8
17	7,8	6,0	10,4	16,4	74,7	71,7	190,7	50,7	73,1	17,5	12,4	12,1
18	6,8	7,6	4,2	11,6	23,0	43,7	119,3	47,6	45,5	13,5	11,2	14,7
19	4,3	8,0	9,0	--	12,1	103,1	234,5	46,3	58,5	13,2	12,3	10,3
20	4,7	10,6	10,3	--	7,8	81,2	--	49,1	28,5	45,9	16,1	8,6
21	4,9	6,2	13,4	--	26,1	54,1	--	14,2	29,3	16,8	12,3	6,4
22	8,5	8,0	20,1	--	11,0	121,0	--	20,0	--	16,0	23,4	8,7
23	8,7	6,5	7,2	17,7	89,6	223,7	--	43,3	--	15,0	15,0	12,1
24	6,6	5,5	18,7	27,2	137,8	192,3	65,0	17,7	49,7	11,2	12,0	15,5
25	8,1	6,7	9,7	--	174,0	132,4	87,8	11,7	26,5	11,2	8,7	11,9
26	8,0	4,4	6,7	--	151,7	266,3	196,9	16,3	57,8	27,1	9,7	12,7
27	7,5	4,7	24,4	100,1	38,2	19,6	86,9	28,6	14,6	11,7	9,3	8,3
28	6,5	10,2	5,7	25,9	29,6	19,2	152,5	11,9	15,6	12,7	25,1	8,8
29	9,0	--	9,2	29,5	90,6	24,7	184,2	10,1	38,2	6,3	8,7	9,6
30	6,0	--	34,6	47,4	50,5	19,6	167,0	25,8	14,7	15,1	7,7	8,4
31	9,4	--	34,6	--	71,7	--	123,2	98,2	--	18,9	--	10,3

Tabla 5. Monitoreo Calidad del Aire MP10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) Estación el Alba Año 2010

Día/Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	9,3	14,3	31,6	21,1	39,7	44,2	99,1	167,7	37,1	42	22,6	12,3
2	16,7	23,5	24,0	31,2	53,5	167,3	46,1	78,6	160,8	40,8	20,3	16,5
3	8,5	12,7	24,8	15,8	169,5	31,2	25,5	86,8	60,6	51,8	20,6	16,3
4	11,7	12,2	30,0	15,9	84,2	38,4	64,9	110,4	20,3	43,5	33,1	18,8
5	10,6	8,9	28,5	67,2	82,6	26,3	47,6	165,3	86,4	36,4	26,2	13,5
6	14,3	10,2	24,4	26,8	127,5	48,5	53,7	160,5	57,7	64,6	11,3	20,6
7	13,5	11,3	30,9	50,5	--	128	27,5	279,6	55,9	128,6	16,5	15,7
8	12,3	13,1	27,4	91,7	--	208,2	160,3	335,3	63,5	44,1	22,6	16,9
9	17,7	19,0	15,2	38,4	--	294,3	77,5	104,4	68,6	46,3	15,7	11,2
10	14,4	39,8	14,9	40,0	--	277,8	18,2	87,2	119,8	23,1	26,6	19,8
11	15,4	24,6	22,5	32,3	--	--	192,8	37,6	80,1	12,4	21,9	26
12	17,6	21,8	30,3	47,6	--	--	168,9	40,2	107,8	21,1	24,8	26,7
13	14,0	11,1	26,5	23,3	195,1	--	84,1	137	50,6	20,4	19,8	13,1
14	16,0	13,1	30,7	58,9	--	--	49,1	299,3	--	24,5	17,2	12,7
15	18,0	21,5	43,4	72,4	--	--	119	118,3	--	22,8	20,7	17,6
16	17,5	30,5	25,5	35,9	--	--	246,6	16,5	75,1	46,3	19,3	9
17	12,4	11,1	15,2	21,7	--	--	385,2	16,8	53,1	39,4	--	31,1
18	21,6	11,2	9,9	13,5	62,8	--	204,7	80,5	30,3	17	13,9	24,3
19	22,5	13,9	19,0	23,9	--	--	38,3	199	29,1	12,7	12,8	10
20	10,3	12,4	23,6	67,2	--	--	133,3	134,4	38,2	42,4	11,1	12,1
21	11,6	11,1	13,5	70,7	--	--	169,7	56,7	59,3	39,4	24,9	12,8
22	19,3	13,8	12,6	141,4	--	18,2	39,7	46,8	87,6	44,1	23,6	21,8
23	17,5	17,0	15,8	34,8	--	36,5	15,3	19	50,3	19,1	18	11,1
24	18,5	19,4	32,7	51,9	--	118,7	148,5	26,6	38,6	25,2	15,9	11,8
25	27,5	29,0	37,0	130,5	--	250,1	35,3	16,4	76,3	45,7	20,7	11,1
26	21,0	26,5	36,8	39,4	49,5	78	27	22,9	125,2	26,7	15,5	11,5
27	23,0	23,3	26,4	49,4	130	27,1	71,8	24,2	134,6	11,3	20,9	14
28	19,5	25,0	58,4	93,4	359,8	36,9	28,8	67,2	40,3	13	17	15,4
29	14,6		51,5	50,3	180,5	44,4	28,3	150,1	67,9	22,3	16,9	20,8
30	15,7		53,7	40,5	280,9	17,5	49,7	62,9	25,2	15,6	21,6	28
31	21,5		25,2		214,1		106,2	115,1		20,8		20,1

Tabla 6. Monitoreo Calidad del Aire MP10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) Estación el Alba Año 2011

Día/Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	--	23,6	19,3	28,9	--	193,9	289,9	46,9	37,8	30,3	--	106,7
2	11,7	21,1	9,3	37,1	--	260,9	--	95,0	59,9	28,4	--	41,7
3	17,2	20,8	12,2	27,6	--	208,3	--	100,9	37,7	57,6	--	30,0
4	15,5	30,7	16,3	--	102,8	67,4	--	27,2	31,6	23,9	12,3	33,8
5	19,6	21,2	21,0	26,1	168,7	157,1	--	36,7	51,5	27,9	12,9	38,7
6	25,4	--	11,8	28,6	125,4	96,0	--	42,6	72,2	42,1	12,9	43,5
7	16,6	--	19,8	24,5	169,2	33,4	--	86,1	22,2	67,4	13,9	42,9
8	22,8	--	--	28,8	317,1	54,3	139,4	20,2	27,9	36,4	11,9	54,9
9	17,0	--	7,4	33,4	186,3	26,7	39,0	36,5	21,7	28,3	27,9	53,4
10	32,1	--	7,0	29,5	260,5	38,5	27,6	29,8	40,1	33,8	60,1	26,6
11	--	--	13,4	31,5	354,0	49,3	25,9	33,2	35,7	32,5	42,9	22,2
12	--	--	28,9	24,4	285,7	256,0	20,6	188,0	64,2	28,1	36,2	--
13	13,4	--	28,1	26,8	83,7	345,0	31,9	221,5	127,4	30,6	30,6	63,7
14	20,2	--	17,5	26,7	289,2	67,4	34,3	246,8	94,7	33,9	33,0	57,3
15	18,2	--	30,2	35,7	139,8	26,4	54,1	202,9	41,5	22,9	39,1	105,3
16	12,5	--	28,3	24,7	129,5	23,1	66,6	66,5	107,6	35,1	112,6	66,2
17	13,0	8,3	59,6	39,5	88,3	32,3	92,9	100,1	116,1	38,3	--	51,1
18	13,8	11,3	56,3	27,4	55,7	16,0	389,7	132,5	28,0	50,1	41,3	32,9
19	17,3	21,2	27,2	--	45,7	76,3	179,7	287,4	63,3	--	47,7	42,6
20	15,7	16,8	--	23,1	50,6	192,1	31,7	126,4	76,5	--	37,9	27,7
21	12,7	20,9	25,5	24,6	48,5	48,0	35,6	188,6	47,3	--	33,8	--
22	10,8	12,1	34,8	54,1	120,9	57,0	24,6	150,0	48,1	--	--	--
23	9,4	16,6	44,7	--	55,3	55,5	47,8	63,6	45,8	--	33,1	23,6
24	13,7	13,7	30,0	--	34,2	88,4	32,6	168,2	--	--	39,4	55,7
25	24,1	25,7	22,7	--	195,4	270,3	27,4	74,4	84,8	--	--	24,6
26	34,6	25,8	24,4	--	68,3	312,7	24,2	23,5	142,8	--	--	24,5
27	17,4	20,8	46,6	--	39,9	--	27,5	33,8	77,1	--	--	29,8
28	30,6	25,8	62,0	--	114,0	--	59,8	14,9	21,4	--	--	33,8
29	29,0		40,2	--	138,5	--	144,6	47,4	43,9	--	--	--
30	22,0		23,5	--	61,5	--	82,2	231,1	66,7	--	47,1	--
31	21,0		27,8		254,9		207,8	198,3		--		32,5

880000

4.2 Datos de Monitoreo de Calidad del Aire Estación el Alba para MP2,5

000023 VTA

Tabla 7. Monitoreo Calidad del Aire MP2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) Estación el Alba Año 2009

Día/Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Júlio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	8,1	8,2	9,2	39,7	24,9	105,8	23,1	62,8	47,2	14,7	14,6	9,2
2	8,6	9,0	8,6	8,9	124,1	154,9	30,7	23,6	59,0	16,6	17,7	16,3
3	6,5	11,0	16,3		40,4	93,8	11,9	36,0	144,7	26,5	8,9	7,7
4	6,3	7,2	11,0	9,2	66,5	55,7	14,2	19,0	27,7	13,2	9,9	9,3
5	9,0	8,8	9,1	12,4	32,2	73,2	22,1	50,1	12,1	29,8	15,1	11,7
6	9,6	9,3	19,4	15,9	25,8	59,6	18,4	131,6	44,9	94,9	51,7	14,1
7	8,2	5,4	14,4	13,6	31,8	33,6	95,1	103,4	138,3	50,6	16,9	12,3
8	10,7	5,5	5,2	13,7	17,0	54,8	90,4	38,0	49,6	44,2	25,3	14,2
9	8,6	5,1	4,3	15,1	25,5	92,1	16,5	21,0	56,0	8,9	19,0	8,3
10	11,4	8,0	7,3	54,0	38,0	63,7	64,6	12,3	94,8	10,4	70,1	5,8
11	6,6	11,7	8,5	23,3	29,7	38,0	23,1	8,8	29,7	n	18,1	N
12	13,0	8,7	9,8	22,8	186,6	59,5	32,7	22,0	24,1	n	11,9	10,8
13	7,9	11,2	11,8	29,5	177,2	41,0	130,6	35,2	25,8	18,6	10,2	6,0
14	9,4	12,6	10,0	39,2	138,2	34,8	149,0	20,3	39,3	42,8	16,8	5,5
15	11,6	8,6	19,2	44,5	22,0	17,2	107,1	34,3	108,3	16,3	15,0	7,8
16	9,1	9,0	12,5	18,5	34,1	11,1	91,2	56,3	80,9	52,0	15,1	9,8
17	7,8	6,0	10,4	16,4	74,7	71,7	190,7	50,7	73,1	17,5	12,4	12,1
18	6,8	7,6	4,2	11,6	23,0	43,7	119,3	47,6	45,5	13,5	11,2	14,7
19	4,3	8,0	9,0		12,1	103,1	234,5	46,3	58,5	13,2	12,3	10,3
20	4,7	10,6	10,3		7,8	81,2		49,1	28,5	45,9	16,1	8,6
21	4,9	6,2	13,4		26,1	54,1		14,2	29,3	16,8	12,3	6,4
22	8,5	8,0	20,1		11,0	121,0		20,0		16,0	23,4	8,7
23	8,7	6,5	7,2	17,7	89,6	223,7		43,3		15,0	15,0	12,1
24	6,6	5,5	18,7	27,2	137,8	192,3	65,0	17,7	49,7	11,2	12,0	15,5
25	8,1	6,7	9,7		174,0	132,4	87,8	11,7	26,5	11,2	8,7	11,9
26	8,0	4,4	6,7		151,7	266,3	196,9	16,3	57,8	27,1	9,7	12,7
27	7,5	4,7	24,4	100,1	38,2	19,6	86,9	28,6	14,6	11,7	9,3	8,3
28	6,5	10,2	5,7	25,9	29,6	19,2	152,5	11,9	15,6	12,7	25,1	8,8
29	9,0		9,2	29,5	90,6	24,7	184,2	10,1	38,2	6,3	8,7	9,6
30	6,0		34,6	47,4	50,5	19,6	167,0	25,8	14,7	15,1	7,7	8,4
31	9,4		34,6		71,7		123,2	98,2		18,9		10,3

Tabla 8. Monitoreo Calidad del Aire MP2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) Estación el Alba Año 2010

Día/Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Júlio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	7,7	6,7	9,1	10,7		69,7		156,2	30,2	83,7	41,8	
2	10,0	10,1	25,2	20,5		159,6		89,8		82,2	34,4	
3	8,7	8,3	11,7	9,9		43,9		95,3		120,5	39,1	
4	8,0	6,9	14,1	8,8		48,6		76,6		64,2	43,2	
5	6,6	3,2	8,2			29,9		209,3		120,9	58,0	
6	10,2	2,9	6,0			53,9		103,3		248,6	27,2	
7	9,9	2,0	20,4					290,5	92,9	267,6	28,7	
8	8,2	1,9	27,3					353,7	54,6	41,7	31,0	
9	8,9	2,3	9,7			347,1		170,3	71,0		23,6	
10	12,4	5,6	7,7			321,6		81,8	85,8			
11	9,1	3,9	7,7			37,0		46,2	114,7			
12	8,3	9,4	11,8			34,2		33,7	76,7			
13	7,9	5,8	11,1			15,4	113,4	110,4	78,4			
14	6,1	10,0	16,7			38,6	86,7	267,5		34,5		
15	7,7	8,0				42,8	121,7	204,2		66,7		
16	17,1	14,3	14,7			161,3	279,5	21,0	106,8	72,3		
17	9,3	9,2	9,1			83,4	478,9	19,0	77,2	84,3		
18	10,2	9,2	9,0			78,8	286,3		19,1	32,0	20,5	
19	11,3	7,1	8,5			44,3	46,1	174,3		17,7	22,1	
20	10,2	8,3	16,2			47,4	147,1	148,3		53,9	27,0	
21	8,4	7,8	11,8			50,2	211,7	96,2		94,5	26,8	
22	9,0	8,3	7,2			20,2	63,7	88,5	195,6	75,4	29,0	
23	8,3	11,8	9,3			35,0	21,4	21,7	104,3	33,9	28,0	
24	8,8	8,5	22,6			133,2	143,9	28,8	30,5	51,4	15,3	
25	10,6	12,6	23,5			286,0	69,8	13,5	45,6	63,0	21,5	
26	9,5	12,1	25,8		47,4	149,7	32,7	23,8	37,4	38,0	16,5	
27	8,8	6,6	12,8		131,4	36,3		23,0	42,1	30,8	20,2	
28	10,1	9,2	36,9		396,9	44,9	44,1	58,9	77,1	27,0	18,2	
29	8,1		43,5		206,9	32,5	31,6	302,1	166,4	42,2	24,5	
30	10,2		34,9		325,2		46,6	197,8	50,0	31,3	32,6	
31	12,1		15,7		236,2		80,7	115,3		32,5		

Tabla 9. Monitoreo Calidad del Aire MP2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) Estación el Alba Año 2011

Día/Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Júlio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1		9,2		22,5	66,0		280,1		18,0	13,8		38,6
2		5,7	11,9	33,5	84,4		341,2		16,5	9,9		31,9
3		8,3	18,4	12,5	44,9		185,5	32,0	16,3	13,2		27,8
4		12,1	15,1		41,3		190,8	13,4	16,4	11,8		26,5
5		7,9	25,2	14,8	64,3		146,3	18,2	17,9	13,3		26,5
6			19,9	18,1	61,1		166,7		22,8	16,1		26,1
7		7,0	22,9	14,3	66,3		297,9	25,7	10,0	16,2		28,9
8		8,1		18,0	133,9		143,0	12,7	15,5	12,9		31,2
9		11,2	25,6	44,2	72,9		40,6		11,5	13,3		28,4
10		13,9	19,9	17,8	142,1				14,4	11,7		25,3
11		9,0	20,9	18,8	167,8				15,9	12,7	17,7	24,3
12		9,2	48,6	10,0	132,4				19,3	13,2	18,8	25,7
13		15,4	44,0	13,8	35,0			61,8	26,8	11,7	12,8	29,7
14		8,9	32,9	15,9	151,4			75,8	23,6	12,1	18,2	31,3
15		7,7	47,2	30,3	61,8			55,6	15,4	11,7	14,9	49,3
16			40,3	23,9	53,9			28,4	26,8	12,0	27,3	34,1
17			48,6	42,6	41,6			26,8	37,5	13,6	19,7	27,6
18			34,2	33,7				44,1	12,1	13,7	16,4	28,2
19			19,9	24,4				90,3	20,6		22,5	30,4
20				11,8				42,3	22,4		24,1	26,6
21			17,0	10,7				45,0	14,2			27,2
22			17,5	25,9				28,7	15,5			28,3
23	17,4		29,6	11,9				17,4	16,7			26,5
24	14,3		22,0	44,7				45,3				25,9
25	8,5		21,9	124,2				24,3	26,2		27,8	25,9
26	12,5		27,0	38,7				11,6	22,5		32,8	24,3
27	5,0		21,1	16,9				14,4	14,6		30,4	30,2
28	9,6		27,7	32,4				12,0	13,0		28,3	31,3
29	8,9		26,0	24,4				17,6	14,3		25,4	
30	4,8		13,7	47,7				49,4	18,6		27,6	28,2
31	6,9		16,7					53,0				31,2

