

UCH-FC
@.Ambiental
V 297
C.1



**"DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DEL RECURSO AIRE
VALLE DEL CACHAPOAL, VI REGIÓN"**

Seminario de Título

entregado a la

Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile

en cumplimiento parcial de los requisitos

para optar al título de

QUIMICO AMBIENTAL

Miguel Enrique Vargas Fuentes



Director Seminario de titulo: Ingeniero Civil Químico Aida Ximena Ubilla Alvarez.

CONAMA VI Región

Director Patrocinante: Dr. Manuel Leiva. CENMA

FACULTAD DE CIENCIAS

UNIVERSIDAD DE CHILE

INFORME DE APROBACION

SEMINARIO DE TITULO

Se informa a la escuela de pregrado de la facultad de Ciencias de la
Universidad de Chile que el seminario de titulo presentado por el
Alumno

Miguel Enrique Vargas Fuentes

ha sido aprobado por la comisión de Evaluación del Seminario de
Titulo como requisito para optar al título de Químico Ambiental

Comisión

Director Patrocinante: Dr. Manuel Leiva

Profesor: Dr. Raúl Morales

Profesor: Víctor Vargas



Handwritten signatures in blue ink over horizontal lines, corresponding to the names listed on the left: Manuel Leiva, Raúl Morales, and Víctor Vargas.



Dedicado a todos los que

con su incondicional apoyo,

creyeron en mí, y por supuesto a ti Maria J...

Muchas gracias



AGRADECIMIENTOS

A CONAMA VI Región por darme la oportunidad de realizar este trabajo, en mi lugar de origen y en especial a la Sra. Ximena Ubilla jefa del departamento de calidad de aire de CONAMA VI Región, por su disposición a trabajar y guiarme en el tema.

A la Universidad de Chile y con ello a los doctores Raúl Morales y Manuel Leiva por su ayuda en la confección del diagnóstico.



ÍNDICE DE CONTENIDOS



ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
GLOSARIO	XIII
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT.....	XVII
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1 CARACTERÍSTICAS Y ORIGEN DE LOS CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS	4
1.1 CARACTERÍSTICAS Y ORIGEN DE LOS GASES CONTAMINANTES.....	5
1.1.1 <i>El anhídrido Sulfuroso (SO₂)</i>	5
1.1.2 <i>Los óxidos de Nitrógeno (NO_x)</i>	6
1.1.3 <i>El Ozono (O₃)</i>	8
1.2 CARACTERÍSTICAS Y ORIGEN DEL MATERIAL PARTICULADO RESPIRABLE (MP ₁₀).....	8
1.3 EFECTOS EN LA SALUD DE LAS PERSONAS POR EXPOSICIÓN A LOS CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS.....	10
2 HIPÓTESIS.....	12
3 OBJETIVO GENERAL.....	13
3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
CAPÍTULO II: CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO Y METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	15
1 ANTECEDENTES.....	15
2 CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO.....	15
2.1 ESTACIÓN COYA CLUB	18
2.2 ESTACIÓN COYA POBLACIÓN.....	18
2.3 ESTACIÓN SEWELL	18
2.4 ESTACIONES CIPRESES Y CAUQUENES	18
2.5 ESTACIÓN CODEGUA	19
2.6 ESTACIÓN LA LEONERA.....	20
2.7 ESTACIÓN SAN FRANCISCO DE MOSTAZAL.....	20
2.8 ESTACIÓN COLTAUCO.....	21
2.9 ESTACIÓN QUINTA DE TILCOCO.....	22
3 TRATAMIENTO DE DATOS	23
CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27

1 DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN RANCAGUA Y MACHALÍ – COYA. ÁREA CIRCUNDANTE A LA FUNDICIÓN DE CALETONES. “ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DE CALIDAD DE AIRE Y SU RELACIÓN CON LAS NORMAS VIGENTES” ..

.....	27
1.1 EVALUACIÓN DE LA NPCA PARA ANHÍDRIDO SULFUROSO (SO ₂) COMO CONCENTRACIÓN DE 24 HRS. Y COMO CONCENTRACIÓN ANUAL D.S. 113/2002 MINSEGPRES	27
1.1.1 Estación Coya Club.....	27
1.1.2 Estación Coya Población.....	29
1.1.3 Estación Rancagua.....	29
1.1.4 Estación Sewell.....	30
1.2 VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA RES. 1215/1978 MINSAL PARA SO ₂ COMO CONCENTRACIÓN DE 24 HRS. ESTACIONES COYA CLUB DE CAMPO Y COYA POBLACIÓN.....	33
1.3 CONTROL DE LA NORMA SECUNDARIA DE CALIDAD DEL AIRE PARA SO ₂ (NSCA).....	34
1.3.1 Estaciones Cauquenes y Cipreses.....	34
1.4 EVALUACIÓN DE LA NSCA NORTE PARA SO ₂ COMO CONCENTRACIÓN DE 1 HORA.....	35
1.5 EVALUACIÓN DE LA NPCA PARA MP ₁₀ D.S 59/1998 MINSEGPRES	36
1.5.1 Estaciones Coya Club y Coya Población.....	36

2 DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LAS LOCALIDADES DE: CODEGUA, LA LEONERA, SAN FRANCISCO DE MOSTAZAL, COLTAUCO Y QUINTA DE TILCOCO “EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LAS ESTACIONES DE MONITOREO DEL VALLE DEL CACHAPOAL”

.....	40
2.1 EVALUACIÓN DE LA NPCA PARA O ₃ COMO CONCENTRACIÓN DE 8 HORAS D.S. 112/2002 MINSEGPRES.....	40
2.1.1 Estación Codegua.....	40
2.1.2 Estación La Leonera.....	42
2.1.3 Estación San Francisco de Mostazal.....	44
2.1.4 Estación Coltauco.....	45
2.1.5 Estación Quinta de Tilcoco.....	47
2.2 EVALUACIÓN DE LA NORMA PRIMARIA DE CALIDAD DE AIRE PARA SO ₂ COMO CONCENTRACIÓN DE 24 HRS. D.S. 113/2002 MINSEGPRES.....	49
2.2.1 Estación Codegua.....	49
2.2.2 Estación La Leonera.....	50
2.2.3 Estación San Francisco de Mostazal.....	52
2.2.4 Estación Coltauco.....	54
2.2.5 Estación Quinta de Tilcoco.....	55
2.3 EVALUACIÓN DE LA NORMA PRIMARIA DE CALIDAD DE AIRE PARA DIÓXIDO DE AZUFRE COMO CONCENTRACIÓN ANUAL D.S. 113/2002 MINSEGPRES.....	57
2.3.1 Estación Codegua.....	57
Figura 21: Concentraciones anuales de SO ₂ estación Codegua (2002 a 2004).....	58
2.3.2 Estación La Leonera.....	58
2.3.3 Estación San Francisco de Mostazal.....	59
2.3.4 Estación Coltauco.....	60
2.3.5 Estación Quinta de Tilcoco.....	60
2.4 EVALUACIÓN DE LA NORMA PRIMARIA DE CALIDAD DE AIRE PARA NO ₂ COMO CONCENTRACIÓN DE UNA HORA D.S. 114/2002 MINSEGPRES.....	63
2.4.1 Estación Codegua.....	63
2.4.2 Estación La Leonera.....	64
2.4.3 Estación San Francisco de Mostazal.....	66
2.4.4 Estación Coltauco.....	68
2.4.5 Estación Quinta de Tilcoco.....	70
2.5 EVALUACIÓN DE LA NORMA PRIMARIA DE CALIDAD DE AIRE PARA NO ₂ COMO CONCENTRACIÓN ANUAL D.S. 114/2002 MINSEGPRES	71





2.5.1	Estación Codegua	71
2.5.2	Estación La Leonera	73
2.5.3	Estación San Francisco de Mostazal	75
2.5.4	Estación Coltauco	75
2.5.5	Estación Quinta de Tilcoco	76
2.6	EVALUACIÓN DE LA NPCA PARA MP ₁₀ D.S. 59/1998 MINSEGPRES	78
2.7	EVALUACIÓN DE LA NPCA PARA MP ₁₀ COMO CONCENTRACIÓN DE 24 HRS. D.S. 59/1998 MINSEGPRES	78
2.7.1	Estación Codegua	78
2.7.2	Estación La Leonera	81
2.7.3	Estación San Francisco de Mostazal	83
2.7.4	Estación Coltauco	84
2.7.5	Estación Quinta de Tilcoco	86
2.8	EVALUACIÓN DE LA NPCA PARA MP ₁₀ COMO CONCENTRACIÓN ANUAL D.S. 59/1998 MINSEGPRES	89
2.8.1	Estación Codegua	89
2.8.2	Estación La Leonera	90
2.8.3	Estaciones San Francisco de Mostazal; Coltauco y Quinta de Tilcoco	91
CAPITULO IV: CONDICIONES METEOROLÓGICAS Y OZONO EN EL VALLE DEL CACHAPOAL		93
1 ANTECEDENTES		93
1.1	TEMPERATURA AMBIENTAL Y CONCENTRACIONES MÁXIMAS DE OZONO	93
1.2	HUMEDAD RELATIVA Y CONCENTRACIONES MÁXIMAS DE OZONO	95
1.3	VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO Y CONCENTRACIONES MÁXIMAS DE OZONO	96
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES		100
REFERENCIAS		107
CAPITULO VI		109
ANEXOS		109
1.1	ANEXO TABLAS	110
1.1.1	Anhídrido Sulfuroso	110
1.1.2	Evaluación de la NPCA para MP ₁₀ D.S 59/1998 MINSEGPRES	113
1.1.3	Evaluación de la Norma primaria de Calidad de aire para Dióxido de Azufre como concentración Anual D.S. 113/2002 MINSEGPRES	114
1.1.4	Evaluación de la Norma Primaria de Calidad de aire para NO ₂ como Concentración Anual D.S. 114/2002 MINSEGPRES	115
1.1.5	Evaluación de la NPCA para MP ₁₀ como Concentración anual D.S. 59/1998 MINSEGPRES	116
1.2	ANEXO METEOROLOGÍA	118
1.3	ANEXO FIGURAS	121
1.4	ANEXO NORMATIVA LEGAL	123
1.4.1	Resolución 1215/1978 del Ministerio de Salud (MINSAL)	124
1.4.2	D.S. 185/91 del Ministerio de Minería	125
1.4.3	D.S. 174/94 MINSEGPRES	129
1.4.4	D.S 081/1998 MINSEGPRES	129
1.4.5	D.S. 112/2002 MINSEGPRES	133
1.4.6	D.S. 113/2002 MINSEGPRES	135
1.4.7	D.S. 114/2002 MINSEGPRES	138





ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Mediciones realizadas en las estaciones monitoras del Valle del Cachapoal.....	16
Tabla 2: Principio u operación de los equipos de monitoreo de calidad del aire	17
Tabla 3: Control de la NPCA para SO ₂ como concentración de 24 hrs. (96 ppbv) D.S. 113/2002 MINSEGPRES 01/01/2001 al 31/12/2003. Estación Coya Club.....	28
Tabla 4: Verificación del cumplimiento de la NPCA para SO ₂ como concentración de 24 hrs. (96 ppbv). D.S. 113/2002 MINSEGPRES 01/01/2001 al 31/12/2003. Estación Coya Pob.....	29
Tabla 5: Verificación del cumplimiento de la NPCA para SO ₂ como concentración de 24 hrs. (96 ppbv) D.S. 113/2002 MINSEGPRES 01/01/2001 al 31/12/2003. Estación Rancagua.....	30
Tabla 6: Control del cumplimiento de la NPCA para SO ₂ como concentración de 24 hrs. (96 ppbv). D.S. 113/2002 MINSEGPRES. 01/01/2001 al 31/12/2003. Estación Sewell.....	32
Tabla 7: verificación del cumplimiento de la NPCA para SO ₂ como concentración anual (31 ppbv). D.S. 113/2002 MINSEGPRES. Estaciones Coya Club; Coya Pob; Rgua; Sewell. Período 2000 al 2003.....	33
Tabla 8: Excedencia a la NPCA para SO ₂ como concentración de 24 hrs. Según RES N° 1215/1978 MINSAL (365 µg/m ³ N). Estaciones Coya Club y Coya Pob. Período 2000 al 2003.....	34
Tabla 9: Excedencia norma horaria secundaria de SO ₂ (1000 µg/m ³ N) D.S. 185/1991 MINMINERÍA; Estaciones Cipreses y Cauquenes.....	36
Tabla 10: Evaluación de la NPCA para MP ₁₀ como concentración de 24 hrs. D.S. 59/1998 MINSEGPRES. Estaciones Coya Club de Campo y Coya Población, 2001 a 2003.....	37
Tabla: II Excedencia a la NPCA D.S. 59/1998 MINSEGPRES como concentración de 24 horas. Estaciones Coya Club y Coya Población. (2001 a 2003).....	38
Tabla 12: Evaluación NPCA para O ₃ como concentración de 8 horas. (61 ppbv).....	41
Tabla 13: Evaluación NPCA para O ₃ como concentración de 8 horas. (61 ppbv).....	43
Tabla 14: Evaluación NPCA para O ₃ como concentración de 8 horas. (61 ppbv) D.S. 112/2002 MINSEGPRES Estaciones Mostazal, Coltauco y Quinta de Tilcoco.....	44
Tabla 15: Evaluación NPCA para SO ₂ como concentración de 24 hrs. (96 ppbv) D.S. 113/2002 MINSEGPRES Estación Codegua (2002 – 2004).....	50
Tabla 16: Evaluación NPCA para SO ₂ como concentración de 24 hrs. (96 ppbv) D.S. 113/2002 MINSEGPRES Estación La Leonera (2001 – 2003).....	51
Tabla 17: Evaluación NPCA para SO ₂ como concentración de 24 hrs. (96 ppbv) D.S. 113/2002 MINSEGPRES Estaciones Mostazal, Coltauco y Quinta de Tilcoco.....	52
Tabla 18: Evaluación NPCA para NO ₂ como concentración de 1 hora (213 ppbv) D.S. 114/2002 MINSEGPRES Estación Codegua (2002 – 2004).....	63
Tabla 19: Evaluación NPCA para NO ₂ como concentración de 1 hora (213 ppbv) D.S. 114/2002 MINSEGPRES Estación La Leonera (2001 – 2003).....	65
Tabla 20: Evaluación NPCA para NO ₂ como concentración de 1 hora (213 ppbv) D.S. 114/2002 MINSEGPRES Estaciones Mostazal, Coltauco y Quinta de Tilcoco.....	66
Tabla 21: Evaluación de la NPCA como concentración de 24 hrs. (150 µg/m ³ N) D.S. 59/1998 MINSEGPRES. Estación Codegua.....	78
Tabla 22: Mediciones promedio de 3 días que sobrepasaron los 150 µg/m ³ N Estación Codegua (2002 – 2004).....	80
Tabla 23: Evaluación de la NPCA como concentración de 24 hrs. (150 µg/m ³ N) D.S. 59/1998 MINSEGPRES. Estación La Leonera.....	81
Tabla 24: Evaluación de la NPCA como concentración de 24 hrs. (150 µg/m ³ N) D.S. 59/1998 MINSEGPRES. Estaciones Mostazal; Coltauco y Quinta de Tilcoco. Año 2004.....	82
Tabla 25: Mediciones promedio de 3 días que sobrepasaron los 150 µg/m ³ N Estación Mostazal (2004). 83	
Tabla 26: Mediciones promedio de 3 días que sobrepasaron los 150 µg/m ³ N Estación Coltauco (2004). 85	
Tabla 27: Mediciones promedio de 3 días que sobrepasaron los 150 µg/m ³ N Estación Quinta de Tilcoco (2004).....	87
Tabla Anexo 28: verificación de la NPCA para SO ₂ como concentración de 24 hrs. (96 ppbv) D.S. 113/2002 MINSEGPRES Estación Coya Club (1 de Enero 2000 – 31 de diciembre 2002).....	110

<i>Tabla Anexo 29: verificación NPCA para SO₂ como concentración anual (31ppbv) D.S.113/2002</i>	
<i>MINSEGPRES Estación Coya Club (1de Enero 2000 – 31 de diciembre 2002)</i>	110
<i>Tabla Anexo 30: control NPCA para SO₂ como concentración anual (31ppbv) D.S.113/2002</i>	
<i>MINSEGPRES 1° Enero 2001 – 31 diciembre 2003 Estación Coya Club</i>	110
<i>Tabla Anexo 31: verificación NPCA para SO₂ como concentración de 24 hrs. (96 ppbv) D.S. 113/2002</i>	
<i>MINSEGPRES Estación Coya Población (1de Enero 2000 – 31de diciembre 2002)</i>	111
<i>Tabla Anexo 32: verificación NPCA para SO₂ como concentración anual (31ppbv) D.S.113/2002</i>	
<i>MINSEGPRES Estación Coya Población (1de Enero 2000 – 31de diciembre 2002)</i>	111
<i>Tabla Anexo 33: verificación NPCA para SO₂ como concentración anual (31ppbv) D.S.113/2002</i>	
<i>MINSEGPRES 1° Enero 2001 – 31 diciembre 2003 Estación Coya Población</i>	111
<i>Tabla Anexo 34: verificación NPCA para SO₂ como concentración de 24 hrs.(96 ppbv) D.S.113/2002</i>	
<i>MINSEGPRES Estación Rancagua (1de Enero 2000 – 31 de diciembre 2002)</i>	112
<i>Tabla Anexo 35: verificación NPCA para SO₂ como concentración anual (31ppbv) D.S.113/2002</i>	
<i>MINSEGPRES Estación Rancagua (1° Enero 2000 – 31 diciembre 2002)</i>	112
<i>Tabla Anexo 36: verificación NPCA para SO₂ como concentración anual (31ppbv) D.S.113/2002</i>	
<i>MINSEGPRES 1° Enero 2001 – 31 diciembre 2003 Estación Rancagua</i>	112
<i>Tabla Anexo 37: verificación NPCA para SO₂ como concentración de 24 hrs. (96 ppbv) D.S.113/2002</i>	
<i>MINSEGPRES Estación Sewell (1 de Enero 2000 – 31 de diciembre 2002)</i>	112
<i>Tabla Anexo 38: verificación NPCA para SO₂ como concentración anual (31 ppbv) D.S.113/2002</i>	
<i>MINSEGPRES Estación Sewell (1de Enero 2000 – 31de diciembre 2002)</i>	113
<i>Tabla Anexo 39: verificación NPCA para SO₂ como concentración anual (31 ppbv) D.S.113/2002</i>	
<i>MINSEGPRES 1° Enero 2001 – 31 diciembre 2003 Estación Sewell</i>	113
<i>Tabla Anexo 40: Análisis de norma secundaria anual norte para SO₂ (31 ppbv) D.S. 185/1991 Estaciones Cauquenes y Cipreses</i>	113
<i>Tabla Anexo 41: Evaluación de la NPCA como concentración anual para MP₁₀(50 µg/m³N) D.S. N° 59/1998</i>	
<i>MINSEGPRES Estaciones Coya Club y Coya Población. (2001)</i>	113
<i>Tabla Anexo 42: Evaluación de la NPCA como concentración anual para MP₁₀(50 µg/m³N) D.S. N° 59/1998</i>	
<i>MINSEGPRES Estaciones Coya Club y Coya Población. (2002)</i>	114
<i>Tabla Anexo 43: Evaluación de la NPCA como concentración anual para MP₁₀(50 µg/m³N) D.S. N° 59/1998</i>	
<i>MINSEGPRES Estaciones Coya Club y Coya Población. (2003)</i>	114
<i>Tabla Anexo 44: Evaluación NPCA para SO₂ como concentración anual (31 ppbv) D.S. 113/2002</i>	
<i>MINSEGPRES Estación Codegua (2002 – 2004)</i>	114
<i>Tabla Anexo 45: Evaluación NPCA para SO₂ como concentración anual (31 ppbv) D.S. 113/2002</i>	
<i>MINSEGPRES Estación La Leonera (2001 – 2003)</i>	114
<i>Tabla Anexo 46: Evaluación NPCA para SO₂ como concentración anual (31 ppbv) D.S. 113/2002</i>	
<i>MINSEGPRES Estación Mostazal (2004)</i>	115
<i>Tabla Anexo 47: Evaluación NPCA para SO₂ como concentración anual (31 ppbv) D.S. 113/2002</i>	
<i>MINSEGPRES Estación Coltauco (2004)</i>	115
<i>Tabla Anexo 48: Evaluación NPCA para SO₂ como concentración anual (31 ppbv) D.S. 113/2002</i>	
<i>MINSEGPRES Estación Quinta de Tilcoco (2004)</i>	115
<i>Tabla Anexo 49: Evaluación NPCA para NO₂ como concentración anual (53 ppbv) D.S. 114/2002</i>	
<i>MINSEGPRES Estación Codegua (2002 – 2004)</i>	115
<i>Tabla Anexo 50: Evaluación NPCA para NO₂ como concentración anual (53 ppbv) D.S. 114/2002</i>	
<i>MINSEGPRES Estación La Leonera (2001 – 2003)</i>	115
<i>Tabla Anexo 51: Evaluación NPCA para NO₂ como concentración anual (53 ppbv) D.S. 114/2002</i>	
<i>MINSEGPRES Estación Mostazal (2004)</i>	116
<i>Tabla Anexo 52: Evaluación NPCA para NO₂ como concentración anual (53 ppbv) D.S. 114/2002</i>	
<i>MINSEGPRES Estación Coltauco (2004)</i>	116
<i>Tabla Anexo 53: Evaluación NPCA para NO₂ como concentración anual (53 ppbv) D.S. 114/2002</i>	
<i>MINSEGPRES Estación Quinta de Tilcoco (2004)</i>	116
<i>Tabla Anexo 54: Evaluación NPCA para MP₁₀ como concentración anual (50µg/ m³N) D.S. 59/1998</i>	
<i>MINSEGPRES Estación Codegua (2002 – 2004)</i>	116
<i>Tabla Anexo 55: Evaluación NPCA para MP₁₀ como concentración anual (50µg/ m³N) D.S. 59/1998</i>	
<i>MINSEGPRES Estación La Leonera (2001 – 2003)</i>	117

<i>Tabla Anexo 56: Evaluación NPCA para MP₁₀ como concentración anual (50µg/ m³N) D.S. 59/1998 MINSEGPRES Estaciones Mostazal; Coltauco y Quinta de Tilcoco (2004)</i>	117
<i>Tabla Anexo 57: resumen de los valores mínimos, promedios y máximos de 1 hr. Para la velocidad del viento (m/s) año 2004 estaciones del Valle del Cachapoal</i>	118
<i>Tabla Anexo 58: Resumen valores mínimos, promedios y máximos de 1h para Humedad relativa (valores en %) año 2004 estaciones del Valle del Cachapoal</i>	119
<i>Tabla Anexo 59: Resumen valores mínimos, promedios y máximos de 1h para Temperatura (valores en °C) año 2004 estaciones del Valle del Cachapoal</i>	120
<i>Tabla Anexo normativa legal 60: normas primarias de calidad de aire Resolución 1215/1978 MINSAL</i> 125	
<i>Tabla Anexo normativa legal 61: máximos niveles permisibles para SO₂ y MP₁₀ D.S. 185/1991</i>	127
<i>Tabla Anexo normativa legal 62: Niveles de concentración para declarar una zona Latente o Saturada</i> 127	
<i>Tabla Anexo normativa legal 63: "Cronograma de Reducción de Emisiones de anhídrido sulfuroso" ...</i>	131
<i>Tabla Anexo normativa legal 64: Emisiones mensuales, anuales de SO₂ de la Fundación Caletones, 1998 – 2003 (ton/mes)</i>	132
<i>Tabla Anexo normativa legal 65: Cuadro resumen normas primarias de calidad de aire para gases SO₂, O₃ y NO₂. (NPCAG)</i>	141
<i>Tabla Anexo normativa legal 66: Definición de los niveles que determinan las situaciones de emergencia ambiental para material particulado respirable MP₁₀</i>	144





ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Fotografía panorámica del Valle del Cachapoal. Comuna de Peumo.....	4
Figura 2: Estaciones de Monitoreo de la calidad del aire en el valle del Cachapoal.....	17
Ilustración 3: fotografía de la Estación monitora de Codegua.....	20
Figura 4: Diagrama simplificado de la metodología utilizada para evaluar la NPCA para O ₃ como concentración de 8 hrs. D.S. 112/2002 MINSEGPRES.....	23
Figura 5: Diagrama simplificado de la metodología utilizada para evaluar la NPCA para SO ₂ . D.S. 113/2002 MINSEGPRES.....	24
Figura 6: Diagrama simplificado de la metodología utilizada para evaluar la NPCA para NO ₂ D.S. 114/2002 MINSEGPRES.....	25
Figura 7: Diagrama simplificado de la metodología utilizada para evaluar la NPCA para MP ₁₀ . D.S. 59/1998 MINSEGPRES.....	26
Figura 8: Concentración anual (ppbv) de las estaciones Coya Club; Coya Población; Rancagua; Sewell (2000 al 2003).....	33
Figura 9: Concentraciones anuales de SO ₂ para la evaluación de la NSCA anual norte. Estaciones Cauquenes y Cipreses (2000 - 2003).....	35
Figura 10: Concentraciones anuales MP ₁₀ (2001 - 2003) Estaciones Coya Club y Coya Población.	39
Figura 11: Concentración máxima diaria para el Promedio móvil de 8 hrs. Estación Codegua (2002-2004).....	42
Figura 12: Concentración máxima diaria para el Promedio móvil de 8 hrs. Estación La Leonera (2001-2003).....	43
Figura 13: Concentración máxima diaria de O ₃ para el Promedio móvil de 8 hrs. Estación Mostazal (2004).....	45
Figura 14: Concentración máxima diaria de O ₃ para el Promedio móvil de 8 hrs. Estación Coltauco (2004).....	46
Figura 15: Concentración máxima diaria de O ₃ para el Promedio móvil de 8 hrs. Estación Quinta de Tilcoco (2004).....	48
Figura 16: Concentraciones de 24 hrs. para SO ₂ Estación Codegua (2002 a 2004).....	50
Figura 17: Concentraciones de 24 hrs. para SO ₂ Estación La Leonera (2001 a 2003).....	52
Figura 18: Concentraciones de 24 hrs. para SO ₂ Estación Mostazal (2004).....	54
Figura 19: Concentraciones de 24 hrs. para SO ₂ Estación Coltauco (2004).....	55
Figura 20: Concentraciones de 24 hrs. para SO ₂ Estación Quinta de Tilcoco (2004).....	56
Figura 21: Concentraciones anuales de SO ₂ estación Codegua (2002 a 2004).....	58
Figura 22: Concentraciones anuales de SO ₂ estación La Leonera (2001 a 2003).....	59
Figura 23: Concentraciones anuales de SO ₂ estaciones: Mostazal; Coltauco y Quinta de Tilcoco (2004).....	62
Figura 24: Concentración de NO ₂ para el período de 1 hora Estación Codegua (2002 a 2004).....	64
Figura 25: Concentración de NO ₂ para el período de 1 hora Estación La Leonera (2001 - 2003).....	66
Figura 26: Concentración de NO ₂ para el período de 1 hora Estación Mostazal (2004).....	68
Figura 27: Concentración de NO ₂ para el período de 1 hora Estación Coltauco (2004).....	69
Figura 28: Concentración de NO ₂ para el período de 1 hora Estación Quinta de Tilcoco (2004).....	71
Figura 29: Concentración anual de NO ₂ Estación Codegua (2002 a 2004).....	73
Figura 30: Concentración anual de NO ₂ Estación La Leonera (2001 a 2003).....	74
Figura 31: Concentración anual de NO ₂ Estaciones: Mostazal; Coltauco y Quinta de Tilcoco (2004)....	77
Figura 32: Concentraciones promedio 3 días de MP ₁₀ Estación Codegua (2002 a 2004).....	79
Figura 33: Concentraciones promedio 3 días de MP ₁₀ Estación La Leonera (2001 a 2003).....	82
Figura 34: Concentraciones promedio 3 días de MP ₁₀ Estación Mostazal (2004).....	84
Figura 35: Concentraciones promedio 3 días de MP ₁₀ Estación Coltauco (2004).....	86
Figura 36: Concentraciones promedio 3 días de MP ₁₀ Estación Quinta de Tilcoco (2004).....	88
Figura 37: Concentración anual de MP ₁₀ Estación Codegua (2002 a 2004).....	89
Figura 38: Concentración anual de MP ₁₀ Estación La Leonera (2001 a 2003).....	90
Figura 39: Concentración anual de MP ₁₀ Estaciones Mostazal; Coltauco y Quinta de Tilcoco (2004)....	92

Figura 40: Temperatura superficial en el máximo de concentraciones de ozono y el máximo diario de ozono Estación Codegua (a) entre los años 2002 a 2004 y Estación Mostazal (b) año 2004 95

Figura 41: Porcentaje de humedad relativa superficial en el máximo diario de las concentraciones de ozono v/s el máximo diario de ozono. Estación (a) Codegua período 2002 a 2004 y Estación Mostazal (b) año 2004..... 96

Figura 42: velocidad del viento y rosa de vientos en el máximo diario de las concentraciones de ozono v/s máximo diario de ozono para las estaciones de (a,c) Codegua entre los años 2002 a 2004 y (b,d) Mostazal durante el año 2004 99

Figura Anexo 43: concentraciones anuales de SO₂ estación Coya Club de Campo..... 121

Figura Anexo 44: concentraciones anuales de SO₂ estación Coya Población 121

Figura Anexo 45: Concentraciones anuales de SO₂ Estación Rancagua (2000 – 2003)..... 122

Figura anexo 46: Concentraciones anuales de SO₂ Estación Sewell (2000 – 2003)..... 122



GLOSARIO

EIA: Estudio de impacto ambiental

COSUDE: Proyecto de cooperación con el gobierno Suizo

COV: Compuestos orgánicos volátiles

D.S.Nº: Decreto Supremo número

EMRP: Estación monitora con representatividad poblacional para partículas

EMRPG: Estación monitora con representatividad poblacional para gas

m.s.n.m.: Metros por sobre el nivel del mar

MINSAL: Ministerio de Salud

MINSEGPRES: Ministerio Secretaria general de la Presidencia

MP₁₀: Material particulado respirable de 10 µm de diámetro

NPCA: Norma primaria de calidad de aire

NSCA: Norma secundaria de calidad de aire

ppbv: partes por billón en Volumen

PTS. Partículas totales en suspensión

RES. Nº: Resolución número

SAG: Servicio agrícola y ganadero

SERPRAM: Servicios y proyectos ambientales S.A.

SIRIG: Sistema regional de información geográfico

µg/m³N: microgramo por metro cúbico normalizado

RESUMEN

El presente estudio fue alentado por la necesidad de recolectar y analizar los datos de calidad del aire en el Valle del Cachapoal, VI región, Chile. El análisis de datos se relacionó con la concentración de gases contaminantes tales como: el ozono troposférico (O_3), el dióxido de azufre (SO_2), el dióxido de nitrógeno (NO_2), además de material particulado respirable (MP_{10}). Una relación de las concentraciones de ozono con las variables meteorológicas, fue hecha, debido a las altas concentraciones del gas y por que el método de medición es de tipo continuo.

El objetivo principal del estudio es cuantificar la concentración de los gases mencionados y material particulado respirable, para luego establecer una relación entre las concentraciones obtenidas con lo señalado en la legislación chilena actual.

La información fue obtenida desde los registros de calidad de aire que posee CONAMA VI región. En cuanto a estos registros, la información acerca de los gases (SO_2 , NO_2 y O_3) se realiza de forma continua, mientras que para material particulado la medición se realiza cada tres días.

Una vez analizados los datos correspondientes, los contaminantes que muestran una concentración por sobre lo especificado en la legislación Chilena, permite evidenciar que contaminantes son más significativos en el valle.

Acerca de los resultados principales del estudio, quedó en evidencia que la zona circundante a la fundición de Caletones, zona que se encuentra sometida a un plan de descontaminación para MP_{10} y SO_2 D.S. 081/1998 MINSEGPRES, ha cumplido con el plan, porque no existe superación de la norma primaria de calidad de aire (NPCA) y

norma secundaria de calidad de aire (NSCA) respectivamente para estos contaminantes.

En el resto del valle central se estableció niveles de contaminación atmosférica por MP_{10} , debido a la superación del D.S. 59/1998 MINSEGPRES; que establece $50 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ como valor anual y $150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ como valor diario. El D.S. mencionado fue superado en determinadas estaciones, con respecto al valor diario y anual.

Las concentraciones de ozono troposférico mostraron valores que en la mayoría de las estaciones de monitoreo, se encuentran en niveles de latencia, en relación a la NPCA para O_3 como promedio móvil de 8 hrs. de 61 ppbv establecida en el D.S. 112/2002 MINSEGPRES. Para las estaciones de Codegua y Mostazal, estaciones que evidenciaron problemas con este gas, motivó a analizar la relación de las variables meteorológicas con las concentraciones máximas diarias de O_3 . Constatándose que en días calurosos, con altas temperaturas y baja humedad relativa las concentraciones de O_3 son considerables.

Los gases anhídrido sulfuroso (SO_2) y dióxido de nitrógeno (NO_2), no presentaron problemas de contaminación en el valle, al no existir superación de las NPCA, en el caso del SO_2 con respecto al valor anual y de 24 hrs. (31 ppbv y 96 ppbv respectivamente) expresado en el D.S. 113/2002 MINSEGPRES; y para el NO_2 con respecto al valor anual y de 1 hr (53 ppbv y 213 ppbv respectivamente) expuesto en el D.S. 114/2002 MINSEGPRES.

Entre las conclusiones del trabajo encontramos que el principal problema de contaminación en el valle es por MP_{10} , por ello se propone un sistema de monitoreo continuo para partículas a fin de establecer una adecuada gestión en relación al contaminante. En el caso del O_3 como en la mayoría de las estaciones se registra datos

equivalentes a un nivel de latencia a la norma, es válido suponer que este nivel de latencia es un problema general del valle y no corresponde a una situación puntual

ABSTRACT

The present study was encouraged by the need to gather and analyze air quality data in the Cachapoal Valley, VIth Region, Chile. Data analysis was related to the concentration of contaminant gases, such as: Tropospheric Ozone (O₃), Sulfur dioxide (SO₂), Nitrogen Dioxide (NO₂), besides breathable particulate matter (PM₁₀). A relation of O₃ concentrations with the meteorological variables was made; this is due to its high concentrations and continuous monitored data available.

The main objective of the study is to quantify the concentration of the mentioned gases and particulate matter, in order to establish a relation between the obtained concentrations and current Chilean Law.

The information was delivered from the air quality register CONAMA VI Region posses. Regarding these registers, information concerning gases (SO₂, NO₂ and O₃) is obtained under a continuous monitored data; meanwhile for particulate matter data is monitored every three days.

Once analyzed the corresponding data, contaminants that show a concentration over the specified in Chilean legislation will evidence its significance in the valley.

Concerning the main results of the study evidence that the zone adjacent to the Caletones foundry, which is submitted to the decontamination plan for PM₁₀ and SO₂ ordered by D.S. 081/1998 MINSEGPRES, and actually it has accomplished the respective plan because the Primary and Secondary Air Quality Norm (NPCA and NSCA respectively) have not been overcome. In the rest of the central valley air contamination was established for PM₁₀, due to the surpass of D.S. 59/1998

MINSEGPRES; which establishes $50 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ as annual value and $150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ as daily value. The mentioned D.S. was surpassed in certain stations, regarding mainly the annual and diary value.

The Concentrations of tropospheric Ozone monitored at the majority of the stations showed latent levels of the contaminant, in relation to the NPCA for O_3 which considers a mobile average of 8 hours establishing 61 ppbv as mentioned on D.S. 112/2002 MINSEGPRES. For the Codegua and Mostazal station, both evidenced problems regarding the gas concentration, which motivated to analyze the relation of meteorologicals variables with the daily maximum concentrations of O_3 . It was determined that under high temperature conditions and low relative humidity, O_3 concentrations are considerable.

SO_2 and NO_2 did not presented contamination problems in the valley, because the NPCA is not exceeded; for SO_2 the annual and 24 hours value (31 ppbv and 96 ppbv Respectively) expressed in D.S. 113/2002 MINSEGPRES; regarding NO_2 its annual and 1 hour value (53 ppbv and 213 ppbv Respectively) exposed in D.S. 114/2002 MINSEGPRES has not been surpassed.

Among the conclusions of the work its is found that the main problem of air pollution in the valley is caused by PM_{10} , due to it a continuous monitoring system is proposed in order to establish an adequate management in relation to the contaminant. In the case of the O_3 most of the stations showed latent concentrations, so it's supposed that this concentration is a problem concerning the whole valley, and not a punctual situation.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

La provincia del Cachapoal ubicada al sur de la Región Metropolitana, concentra la mayor cantidad de población en la región de O'Higgins con 542.901 hab. (Según INE 2002). Localizada en uno de los principales valles de la región, entre el paralelo 33° y 35° 01' de latitud sur y entre los 72° 02' y 70° 02' de longitud oeste, abarcando una superficie de 7.502 Km² (Según SIRIG). Al oriente del valle encontramos la Cordillera de los Andes con altitudes que no superan los 5000 m, hacia el poniente la Cordillera de la Costa, con alturas máxima de 1.500 m. El Valle entre Graneros y Pelequén, se observa jalonado por numerosos y pequeños relieves acolinados, en forma de cerros islas. Dos pequeñas serranías transversales (Angostura de Paine y Cerros de Pelequén), correspondientes a prolongaciones hacia el oriente de la Cordillera de la Costa, interrumpen parcialmente la continuidad y superficie del Valle. Estas Serranías corresponden a una desmembrada cadena de cerros que, en dirección al sur pierden gradualmente altura.

Por la incuestionable calidad de los suelos, unido a un clima marcadamente mediterráneo, el valle es centro de importantes actividades agrícolas, que generan gran parte de la actividad económica de la zona destacándose este sector como uno de los que más empleo genera en el valle del Cachapoal.

La actividad minera en la provincia, es una importante generadora de recursos para el país, debido a la extracción y refinación del mineral de cobre que se realiza por parte de CODELCO Chile División El Teniente¹

El crecimiento económico de la provincia, tanto por actividades industriales, agrícolas y mineras ha generado un incremento, de los problemas de contaminación atmosférica, produciendo impacto en la población y en el medio ambiente en general. Estos impactos no han sido dimensionados dada la ausencia o escasa oportunidad de contar con información que dé cuenta de los niveles de calidad ambiental. (CONAMA, 1997 – 1998)

En la provincia, la calidad de aire ha sido un tema abordado en forma muy discreta, acotada y parcial. En si se dispone de abundante información de una zona saturada de la comuna de Machali² definida a través de la información proporcionada, por la red de monitoreo validada, por el servicio de salud regional y de propiedad de la División El Teniente de CODELCO Chile.

La contaminación atmosférica producida por la actividad minera, debido a la extracción de cobre desde la mina “El Teniente” en forma de mineral sulfurado, se relaciona con las emisiones de anhídrido sulfuroso (SO₂) y material particulado respirable (MP₁₀). (OCDE/CEPAL., 2005) El SO₂ es generado en la fundición de Caletones, debido a los procesos de refinación a que es sometido el mineral sulfurado de cobre, mientras que el material particulado es formado por los procesos de extracción y transporte del mineral desde la roca madre en la cordillera de los Andes. Estos

¹ Empresa minera productora de cobre ubicada en la comuna de Machali

² Decreto Supremo N° 174/1994 MINSEGPRES (ver anexo normativa legal)

antecedentes de contaminación permitieron que la zona fuese declarada en el año 1994 Saturada por MP_{10} y SO_2 , (D.S. 174/1994 MINSEGPRES) mientras que para el año 1998 se estableció un plan de descontaminación³ en la zona con objetivos claros de reducir la contaminación en el sector por MP_{10} y SO_2

En relación al resto de la provincia la información arrojada por estudios más específicos han reportado antecedentes que motivaron a pensar que efectivamente existían problemas de contaminación local, a partir de un proyecto de cooperación internacional⁴.

La demanda de futuras instalaciones de centrales termoeléctricas en la VI región, ha generado una interesante información basal del recurso atmosférico, en la zona norte y centro de la región, en donde se ha monitoreado, en algunas comunas del Valle periódicamente tanto variables meteorológicas como concentración atmosférica de monóxido de carbono, óxido de azufre, ozono, material particulado respirable, y óxidos de nitrógeno. Durante el año 2004, con la instalación de este sistema de vigilancia atmosférica, se ha podido constatar problemas de contaminación atmosférica producto de la actividad urbana e industrial, estos problemas se relacionan con concentraciones significativas de material particulado respirable (MP_{10}) y ozono troposférico (O_3) en el valle, estas concentraciones presentan una estacionalidad marcada, incrementándose las concentraciones de MP_{10} durante los períodos fríos de Otoño/invierno, y de O_3 durante las estaciones cálidas de Primavera/Verano

³ Decreto Supremo N° 081/1998 MINSEGPRES(ver anexo normativa legal)

⁴ Proyectos de cooperación con el gobierno Suizo (COSUDE) "Estudio de la calidad de aire en Regiones Urbano Industriales de Chile"(CONAMA – COSUDE., 1997 - 2000)

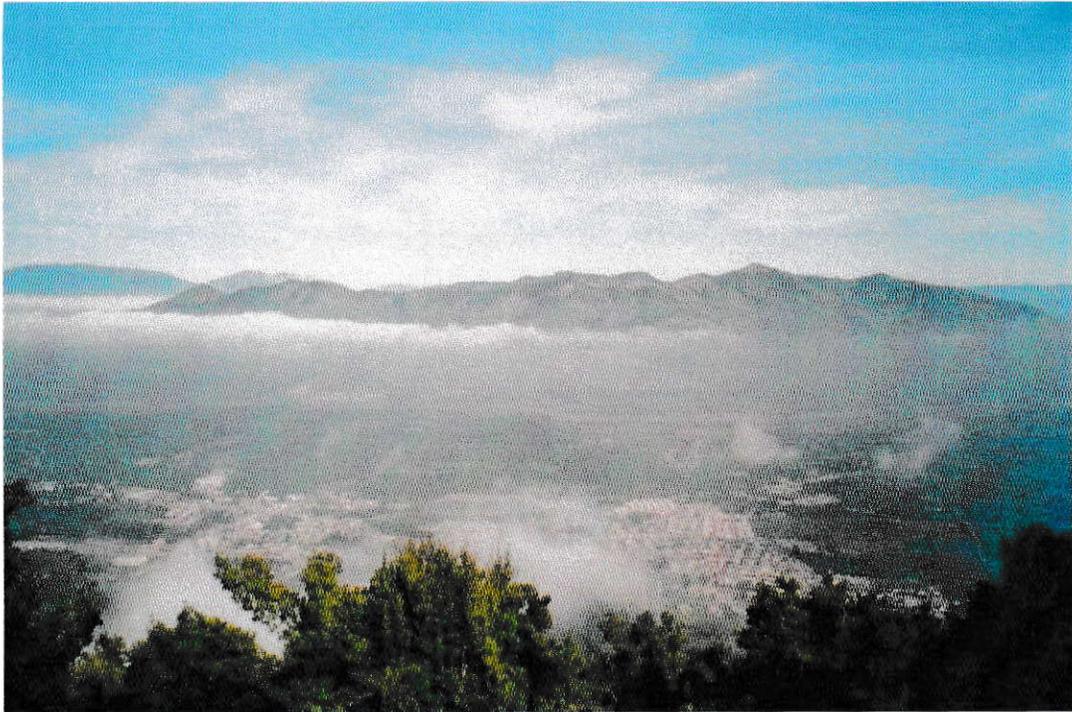


Figura 1: Fotografía panorámica del Valle del Cachapoal. Comuna de Peumo

1 Características y origen de los contaminantes atmosféricos

Los contaminantes atmosféricos emitidos desde sus fuentes pasan a constituir parte integrante de la atmósfera. Los más inertes, se mantienen inalterados y pueden dispersarse tanto horizontal como verticalmente en la atmósfera, alcanzando lugares remotos provocando incluso problemas de contaminación global. Ej. Clorofluorocarbonos, CH_4 . Los más reactivos, se transforman en la atmósfera a medida que se difunden en ella, convirtiéndose en compuestos denominados contaminantes secundarios que pueden actuar de forma más agresiva que aquellos que le dieron origen conocidos como contaminantes primarios. Algunos de los contaminantes más difundidos son gases como por ejemplo el CO , SO_2 , NO_x y O_3 .

Otro elemento contaminante de importancia es el material particulado, el cual puede incluir en su estructura distintos compuestos tóxicos de tipo inorgánico, como metales pesados, o de tipo orgánico, como el benzoalfapireno o el nitrato de peroxiacetilo (PAN) (Préndez, 1993)

1.1 Características y origen de los gases contaminantes

A continuación se hará referencia a los gases que se analizan en el estudio y que son parte del monitoreo continuo realizado en las estaciones monitoras del valle del Cachapoal.

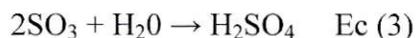
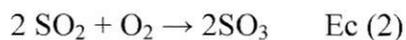
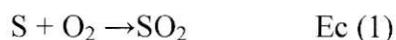
1.1.1 El anhídrido Sulfuroso (SO₂)

El SO₂ se produce al quemar combustibles que contienen azufre, especialmente carbón y petróleo. La industria minera de cobre en nuestro país es una de las principales fuentes emisoras del contaminante, debido a que la producción de cobre se basa en la extracción y posterior tratamiento del cobre vinculado a minerales sulfurados. El gas formado en la combustión contiene un 97% en peso de SO₂, mientras que el 3 % restante lo constituyen el SO₃ y otras sustancias. El SO₂ emitido a la atmósfera no se encuentra en equilibrio químico y cuando la pluma se dispersa en la atmósfera, continúa la transformación a SO₃. El SO₃ es una sustancia higroscópica, la cual se hidrata y como consecuencia la transformación a H₂SO₄ es altamente probable (USEPA.,1988).

Existen dos mecanismos diferentes que realizan la transformación parcial o total del SO₂ en ácido sulfúrico o en sulfato. Las reacciones en fase homogénea (oxidación

fotoquímica) y las reacciones en fase heterogénea (oxidación catalítica). Los procesos más importantes de oxidación del SO_2 son las reacciones en fase homogénea, que involucran a radicales libres tales como el radical hidroxilo (OH^\cdot). Los mecanismos en fase heterogénea son preponderantes a bajas temperaturas y humedades relativamente altas. (Kadowaki S, 1986) Gran parte de la oxidación catalítica del SO_2 tiene lugar en disolución dentro de las gotas de agua, interviniendo el oxígeno molecular como agente oxidante y las sales de hierro o de manganeso como catalizadores.

Las reacciones involucradas en estos procesos se aprecian en las siguientes ecuaciones:



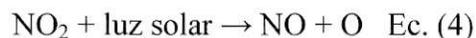
La reacción descrita en la Ec (1) es una reacción de tipo endotérmica, favorecida con la temperatura, mientras que la Ec (2) es de tipo exotérmica, en donde la producción de SO_3 se ve disminuida por la acción de la temperatura.

1.1.2 Los óxidos de Nitrógeno (NO_x)

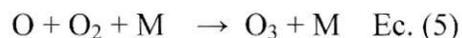
Los óxidos de nitrógeno ($\text{NO}_x = \text{NO} + \text{NO}_2$) antropogénicos se producen por la oxidación del nitrógeno atmosférico presente en las combustiones abiertas a altas temperaturas. El NO es el óxido inicial, el cual rápidamente reacciona oxidándose a NO_2 . Estos NO_x liberados en la atmósfera entran en un conjunto natural de reacciones fotoquímicas, denominadas el ciclo fotolítico del NO_2 , que conducen a un aumento de las concentraciones de NO_2 y a una disminución de las concentraciones de NO . El NO_2

tiene participación en la formación de otras reacciones químicas que siguen hacia la formación de ácido nítrico, de nitratos y de los oxidantes fotoquímicos. El smog fotoquímico urbano tiene su origen, básicamente, en las emisiones de automóviles, ya que corresponde a una mezcla compleja de productos que se forman a partir de la interacción de la luz solar con dos de los componentes de los gases de escape, el NO y los hidrocarburos. Además pueden participar otros contaminantes como el SO₂ y las partículas, e influir las condiciones meteorológicas que impiden la dispersión de los contaminantes. El oxidante principalmente formado es el Ozono, la medición de la concentración de este contaminante es una medida disponible de la severidad de formación del smog fotoquímico. (Préndez, 1993)

La reacción inicial en la formación del smog fotoquímico es la interacción de la luz solar con el NO₂, para producir NO y oxígeno atómico, según la ecuación:



El oxígeno atómico reacciona con una molécula de oxígeno en presencia de un catalizador (M), dando origen a una molécula de O₃, según la ecuación:



En ausencia de otra especie reactiva, el ozono reacciona con NO y completa el ciclo que regenera el NO₂, liberando una molécula de oxígeno, según la ecuación:



Sin embargo, en presencia de hidrocarburos, se facilitan una serie de otras reacciones con oxígeno atómico y ozono, con lo cual se interfiere el ciclo antes visto. Con la intervención de los hidrocarburos, los procesos de formación del smog siguen varias

rutas, las cuales, en general, implican la formación de peróxidos que mantienen baja la concentración de NO y habilitan la formación del oxidante.

1.1.3 El Ozono (O₃)

El ozono troposférico se puede producir por descargas eléctricas, por oxidación de CO y CH₄ y por difusión desde la estratosfera. Su fuente principal como contaminante en las grandes ciudades industriales proviene de la mezcla de gases como óxidos de nitrógeno e hidrocarburos (precursores) que reaccionan en presencia de luz. La formación del ozono troposférico es acompañada, además, por contaminantes fotoquímicos que incluyen aldehídos, ácido nítrico y peróxido de hidrógeno, entre otros (www.conama.cl).

El comportamiento observado en el ozono, está determinado por los factores que influyen en la generación de este contaminante, sus precursores y la luz solar. El gas exhibe un claro ciclo anual con una neta disminución de las concentraciones en el periodo de invierno, lo cual se debe a que el contaminante es de origen fotoquímico.

1.2 Características y origen del material particulado respirable (MP₁₀)

El material particulado es una mezcla de partículas sólidas y pequeñas gotas de agua suspendidas en el aire. Por lo general, el material particulado comprende una fracción gruesa, de partículas de diámetro aerodinámico promedio entre 2,5 µm y alrededor de 40 µm, y una fracción fina, con partículas de diámetro aerodinámico promedio menor o igual a 2,5 µm (MP_{2,5}). En la fracción gruesa son de importancia las

partículas de diámetro menor o igual a $10\ \mu\text{m}$ (MP_{10}) ya que corresponden a la porción parcialmente inhalable, que puede penetrar los mecanismos de defensa de las regiones altas del sistema respiratorio del cuerpo. Las partículas ultra-finas corresponden a un subgrupo del $\text{MP}_{2,5}$, cuyo diámetro promedio es menor a $0,1\ \mu\text{m}$ (EPA)

Se pueden caracterizar dos grupos de material particulado: el primario o emitido directamente a la atmósfera y el particulado secundario o formado en la atmósfera. El origen del material particulado primario proviene tanto de fuentes naturales como antropogénicas, tales como polvo del suelo, que puede ser emitido por acción del viento, por la circulación de vehículos motorizados y actividades industriales relacionadas con procesos de combustión. El MP_{10} primario está constituido principalmente de carbono (hollín), emitido desde autos, buses, camiones, maquinaria pesada, incendios forestales y quema de basura y también de material geológico, emitido principalmente desde el suelo. (Préndez y col., 1984; Préndez y Ortiz, 1989)

El particulado de origen secundario comprende principalmente procesos de conversión gas-partícula, generados por la capacidad oxidativa de la atmósfera, por lo que en su formación intervienen precursores de variada naturaleza, como ácidos y bases inorgánicas (ácido nítrico, ácido sulfúrico, amoníaco) y compuestos orgánicos volátiles (Kuhns H. y col., 2003; Stockwell W.R. y col. 2003). Algunas de esas reacciones requieren luz solar y/o vapor de agua. El material particulado secundario incluye principalmente sulfatos, formados a partir de dióxido de azufre el cual es emitido por la quema de petróleo y carbón; nitratos, formados a partir de óxidos de nitrógeno emitido por automóviles, industrias y centrales que utilizan gas natural como combustible; y

carbono cuyo precursor son las emisiones de compuestos orgánicos volátiles de automóviles, industrias, incendios forestales y fuentes biogénicas como los árboles.

1.3 Efectos en la Salud de las personas por exposición a los contaminantes atmosféricos

Los contaminantes atmosféricos suelen producir en la población que se encuentre en contacto con ellos diversos problemas a la salud asociados a efectos agudos, acumulativos y crónicos, lo anterior dependiendo del grado de exposición y de los factores personales de cada individuo.

El O_3 actúa preferentemente sobre el aparato respiratorio, produciendo irritación y obstrucción bronquial, a la vez de irritación ocular e irritación nasal. La acción irritativa de este oxidante fotoquímico produce un aumento de los ataques de asma bronquial y aparición de neuropatías en exceso, fundamentalmente por la disminución de las defensas alveolares (www.epa.gov)

El SO_2 y otros derivados del azufre (SO_3 , H_2SO_4) han demostrado poseer capacidad irritativa, desarrollo de obstrucciones bronquiales, morbilidad inespecífica y mortalidad. La exposición prolongada especialmente la de tipo ocupacional aumenta el riesgo de desarrollo de conjuntivitis agudas y crónicas. (Rivero, 1993)

La exposición al NO_2 se relaciona con acciones irritativas sobre la mucosa respiratoria y el epitelio alveolar (Samet, 1987), además de alterar la función pulmonar al desarrollar obstrucción bronquial.

La exposición a partículas puede ocasionar una gran variedad de efectos nocivos para la salud. Exposiciones de largo plazo producen deterioro de la función pulmonar,

desarrollo de bronquitis crónica y muerte prematura. Exposiciones de corto plazo están asociadas a efectos como deterioro de la función pulmonar, acentuación de síntomas respiratorios, arritmias cardíacas, ataques al corazón, aumento de las admisiones hospitalarias por asma, disfunción pulmonar y muerte prematura. (www.epa.gov)

2 Hipótesis

El incremento de las actividad económica en la zona genera contaminación atmosférica que dada su producción, se sobrepasan los niveles regulatorios de material particulado y mantienen en estado de latencia las concentraciones de O₃ troposférico.

Este trabajo propone el desarrollo de un diagnóstico, de forma de constatar el cumplimiento de las normas primarias de calidad de aire en el valle del Cachapoal VI región, referidas primero a la zona circundante a la fundición de Caletones, a contaminantes como el anhídrido sulfuroso y material particulado respirable, los cuales presentan problemas serios de contaminación en la zona desde el año 1994.

Por otro lado el diagnóstico de la calidad del aire para el resto del valle en las localidades de Codegua, La Leonera, San Francisco de Mostazal, Coltauco y Quinta de Tilcoco, supone verificar el cumplimiento de las normas primarias de calidad de aire, debido a que en la zona se presentan concentraciones que podrían poner en peligro la salud de la población, se tratara entonces de concluir sobre la situación de estos contaminantes en estas localidades, debido a que en las cercanías de algunas de estas comunas como lo es el caso de Coltauco, Quinta de Tilcoco y San Francisco de Mostazal se pretende instalar Centrales termoeléctricas, los cuales son proyectos de gran envergadura provenientes de necesidades energéticas propias del país y que en la región no se tiene experiencia previa con estas instalaciones, de allí la importancia de tener un diagnostico de la calidad del aire en estas comunas.

3 Objetivo general.

➤ Diagnosticar la calidad del aire en la provincia de Cachapoal en la región del Libertador Bernardo O'Higgins, a través de la información disponible tanto de estudios específicos, líneas bases de Proyectos sometidos al sistema de evaluación de impacto ambiental a través de Estudios y Declaraciones, estudio diagnóstico de la calidad de aire de la ciudad de Rancagua, seguimiento y fiscalización de la calidad del aire al plan de descontaminación de Caletones, entre otros. Con ello se podrá evaluar la calidad del aire, en relación a los contaminantes O_3 , SO_2 , NO_2 y MP_{10} en el Valle del Cachapoal provenientes de datos entregados tanto por la red de monitoreo perteneciente a la división "El Teniente" de Codelco Chile, como de líneas bases de proyectos de Centrales termoeléctricas como "La Candelaria" y "Monte Lorenzo".

3.1 Objetivos específicos.

- Recopilar la información de datos de calidad de aire en la provincia del Cachapoal.
- Caracterizar los niveles de contaminación en cada estación a partir de los datos recolectados.
- Comparar los resultados obtenidos en relación con las normas de calidad de aire vigentes en Chile y verificar el cumplimiento de esta normativa.
- Determinar las zonas que evidencien problemas actuales o potenciales, de contaminación y evaluar la necesidad de proponer un sistema de vigilancia atmosférico.

- Desarrollar una representación gráfica para el análisis de la distribución espacial y temporal de los contaminantes señalados, tanto para la información en estado magnético como aquella recopilada en papel
- Determinar la influencia de las variables meteorológicas, respecto a los contaminantes problemas del valle.

CAPÍTULO II: CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO Y METODOLOGÍA DE TRABAJO

1 Antecedentes

El estudio recopilará las bases e información conveniente existentes de calidad del aire para la VI Región provenientes de estudios específicos (CONAMA- COSUDE; CONAMA- CENMA), líneas bases de Declaraciones y Estudios de Impacto Ambiental, entre ellos Central termoeléctrica “La Candelaria” Colbún S.A. y Central termoeléctrica “Monte Lorenzo” A.S.GENER S.A., estas empresas se caracterizan por su búsqueda a través de estos proyectos, de la generación de energía eléctrica en nuestro país. El resto de los datos proviene de redes de monitoreos existentes en la región de Propiedad de la División “El Teniente”.

Con la información de datos de calidad de aire se desarrollará un análisis cuantitativo respecto de las concentraciones obtenidas y las normas de calidad de aire vigentes en nuestro país para los contaminantes anhídrido sulfuroso (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂), ozono (O₃) y material particulado respirable (MP₁₀).

2 Características de las estaciones de Monitoreo

A continuación se hará referencia a una serie de características de las estaciones de monitoreo como las mediciones que se realizan en ellas equipos de medición y la descripción de los lugares físicos donde se encuentran.

Las estaciones para la medición de meteorología y Calidad de aire instalados en cada una de las estaciones se detallan en la tabla 1:

Tabla 1: Mediciones realizadas en las estaciones monitoras del Valle del Cachapoal

Estación	Monitoreo viento	T°	Humedad relativa	SO ₂	CO	NOx	O ₃	HC	MP ₁₀	Adquisición de datos	aire acondicionado
Coya Club	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Coya Pob.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sewell	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Rancagua*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Cauquenes	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Cipreses	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Codegua	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
La Leonera	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Mostazal	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Coltauco	✓	—	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Quinta de Tilcoco	✓	—	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

✓ = Con Monitoreo

— = Sin Monitoreo

* = Informa Avance III Resultados mediciones de calidad de aire en Temuco, Rancagua y Viña del Mar CONAMA – CENMA. (2004)

El principio u operación de los equipos de monitoreo se detallan en la siguiente tabla (EIA proyecto central termoeléctrica “Monte Lorenzo”, 2001):

Tabla 2: Principio u operación de los equipos de monitoreo de calidad del aire

Variable/Contaminante	Principio /operación
Monitoreo de vientos	Generación de pulso/ potenciómetro
Temperatura	Sensor polinomial
Humedad relativa	Sensor polinomial
Dióxido de azufre	Fluorescencia de pulso UV
Monóxido de Carbono	IRND con Filtro gaseoso de correlación
Óxidos de Nitrógeno	Luminiscencia Química
Ozono	Espectrofotometría UV
Hidrocarburos	Detección fotométrica de llama
MP ₁₀	Gravimetría, control flujo volumétrico
Sistema de Adquisición de Datos	Datalogger
Sistema de Aire Acondicionado	Aire caliente o frío

En la Figura 2 en color rojo se registran las estaciones de monitoreo de la calidad del aire en el valle del Cachapoal

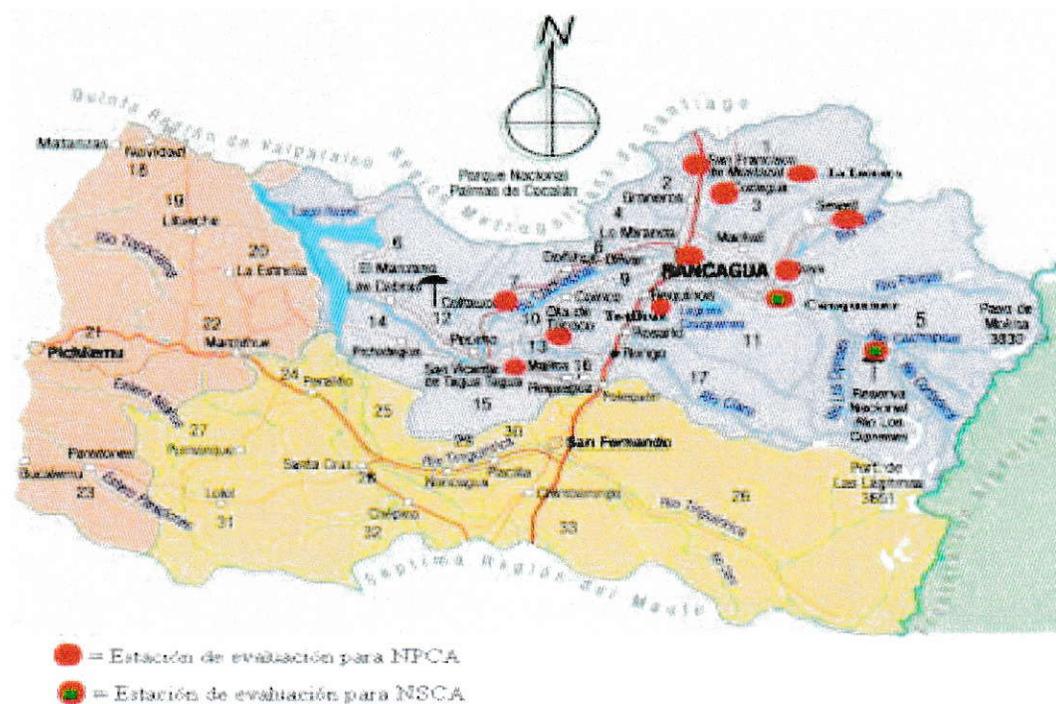


Figura 2: Estaciones de Monitoreo de la calidad del aire en el valle del Cachapoal

2.1 Estación Coya Club

La estación de monitoreo Coya club, se encuentra emplazada en un centro de recreación, es una estación de control para gas SO₂, esta estación dejó de ser una estación monitora para la verificación de las normas primaria de calidad de aire (EMRPG), ya que en la actualidad no existe población en la zona. (CONAMA VI Región)

2.2 Estación Coya Población.

La estación Coya Población corresponde a una estación de monitoreo con representatividad poblacional para gas dióxido de azufre (EMRPG), con esta estación es posible demostrar y verificar el cumplimiento de la NPCA para SO₂ (CONAMA VI Región)

2.3 Estación Sewell

Esta estación se encuentra emplazada en el antiguo campamento minero de “El Teniente”. La estación no se encuentra acreditada como EMRPG y EMRP, debido a que en el sector no existe asentamientos de población, la estación está para establecer un control de la contaminación en el ex campamento minero.

2.4 Estaciones Cipreses y Cauquenes

Las estaciones de monitoreo ubicadas en Cauquenes y Cipreses, son estaciones para el control de las normas secundarias de calidad de aire. La estación de Cipreses se encuentra localizada en una reserva de la región, mientras que la estación de Cauquenes se ubica cerca de un centro turístico de baños termales del mismo nombre, al sur oriente de la Ciudad de Rancagua.

2.5 Estación Codegua

Ubicación: calle Andes N° 390, Codegua

Esta estación está ubicada en una parcela la cual esta en el sector poblado de Codegua, en la calle Andes N° 390. En general el lugar está libre de obstáculos que impidan la buena circulación del flujo de aire. Al norte de la estación hay terrenos de cultivo, al sur a unos 80 m hay una calle pavimentada por donde circulan un número considerable de vehículos, al este y al oeste de la estación está totalmente despejado, sólo hay casas de un piso.

Las coordenadas geográficas (UTM) son según Datum 1956(EIA proyecto Central Termoeléctrica “La Candelaria”. 2001):

62 33 063 N

3 46 716 E

La figura 3 corresponde a una fotografía de la estación monitora de Codegua



Ilustración 3: fotografía de la Estación monitora de Codegua

2.6 Estación La Leonera

La estación La Leonera dejó de medir los parámetros de calidad de aire y variables meteorológicas el día 30 de abril del año 2003. La estación fue cambiada de ubicación y no se posee mayores registros más que los mostrados en este diagnóstico

2.7 Estación San Francisco de Mostazal

Ubicación: Calle Santa Irene 148, San Francisco de Mostazal

Esta estación está ubicada en un sitio en el centro de San Francisco de Mostazal, en la calle Santa Irene 148. En general el lugar está libre de obstáculos que impidan la buena circulación del flujo de aire. Al norte hay una calle pavimentada a unos 30 m y casas de un piso. Al sur, al este y al oeste de la estación está totalmente despejado, sólo hay casas de un piso a unos 15 m.

Las coordenadas geográficas (UTM) son según Datum 1956(EIA proyecto Central Termoeléctrica “La Candelaria”.2001):

62 38 686 N

3 42 567 E

Los datos de monitoreo de Calidad de aire y variables meteorológicas de las estaciones de Coltauco y Quinta de Tilcoco se efectuaron por SERPRAM para establecer la línea base de Calidad de Aire y Meteorología, que AES GENER Titular del proyecto “Central Termoeléctrica de Ciclo Combinado Monte Lorenzo”, necesitó para presentar en el estudio de Impacto Ambiental (artículo – 11 Ley 19300) ante la propuesta de levantar una obra de esta envergadura en la Comuna de San Vicente de Tagua – Tagua, mas específicamente en el sector de Monte Lorenzo coordenadas geográficas (UTM) según Datum 1956: 6.193.467 N ; 303.789 E

2.8 Estación Coltauco

Ubicación: Cuerpo de Bomberos, calle O'Higgins N° 282

La estación de Coltauco se encuentra ubicada en un lugar libre de obstáculos que impidan la buena circulación de los flujos de aire.

Las coordenadas geográficas (UTM) son según Datum 1956(EIA proyecto Central Termoeléctrica “Monte Lorenzo”.2001):

6.203.754 N

308.755 E

2.9 Estación Quinta de Tilcoco

Ubicación: Calle el Arenal N° 473.

La estación de Quinta de Tilcoco se encuentra ubicada en un lugar libre de obstáculos que impidan la buena circulación de los flujos de aire.

Las coordenadas geográficas (UTM) son según Datum 1956(EIA proyecto Central Termoeléctrica “Monte Lorenzo”.2001)

6.196.920 N

319.126 E

3 Tratamiento de datos

Los datos de los registros de calidad de aire obtenidos de las distintas estaciones de monitoreo del valle del Cachapoal se sometieron a distintos procedimientos dependiendo cada uno de ellos de la norma que se quisiera evaluar. Para una mayor especificación de la evaluación de las normas de calidad de aire consultar en “Anexo Normativa Legal”. A continuación las siguientes figuras resumen estos procedimientos

La Figura 4 resume la Metodología a seguir en la evaluación de la NPCA para O_3 como concentración de 8 hrs. D.S. 112/2002 MINSEGPRES

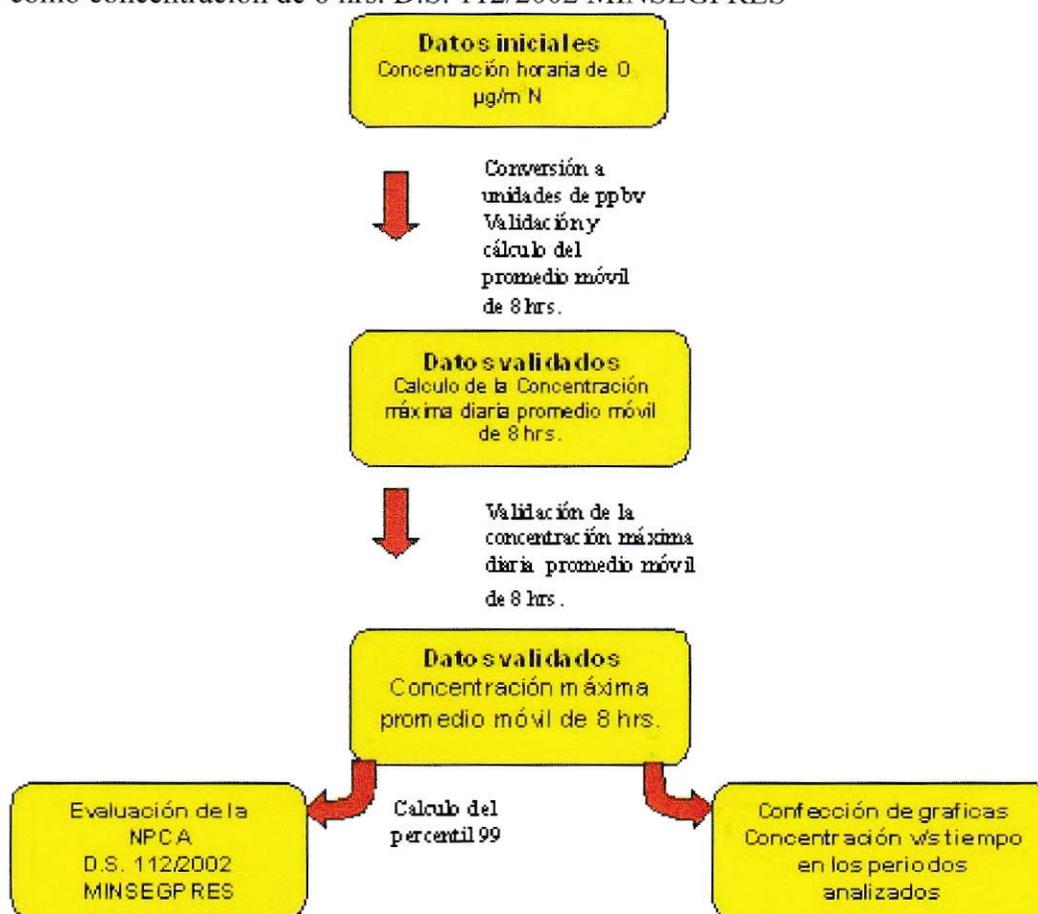


Figura 4: Diagrama simplificado de la metodología utilizada para evaluar la NPCA para O_3 como concentración de 8 hrs. D.S. 112/2002 MINSEGPRES

La Figura 5 resume la metodología empleada para la evaluación de la NPCA para SO_2 como concentración de 24 hrs. y concentración anual D.S. 113/2002 MINSEGPRES.

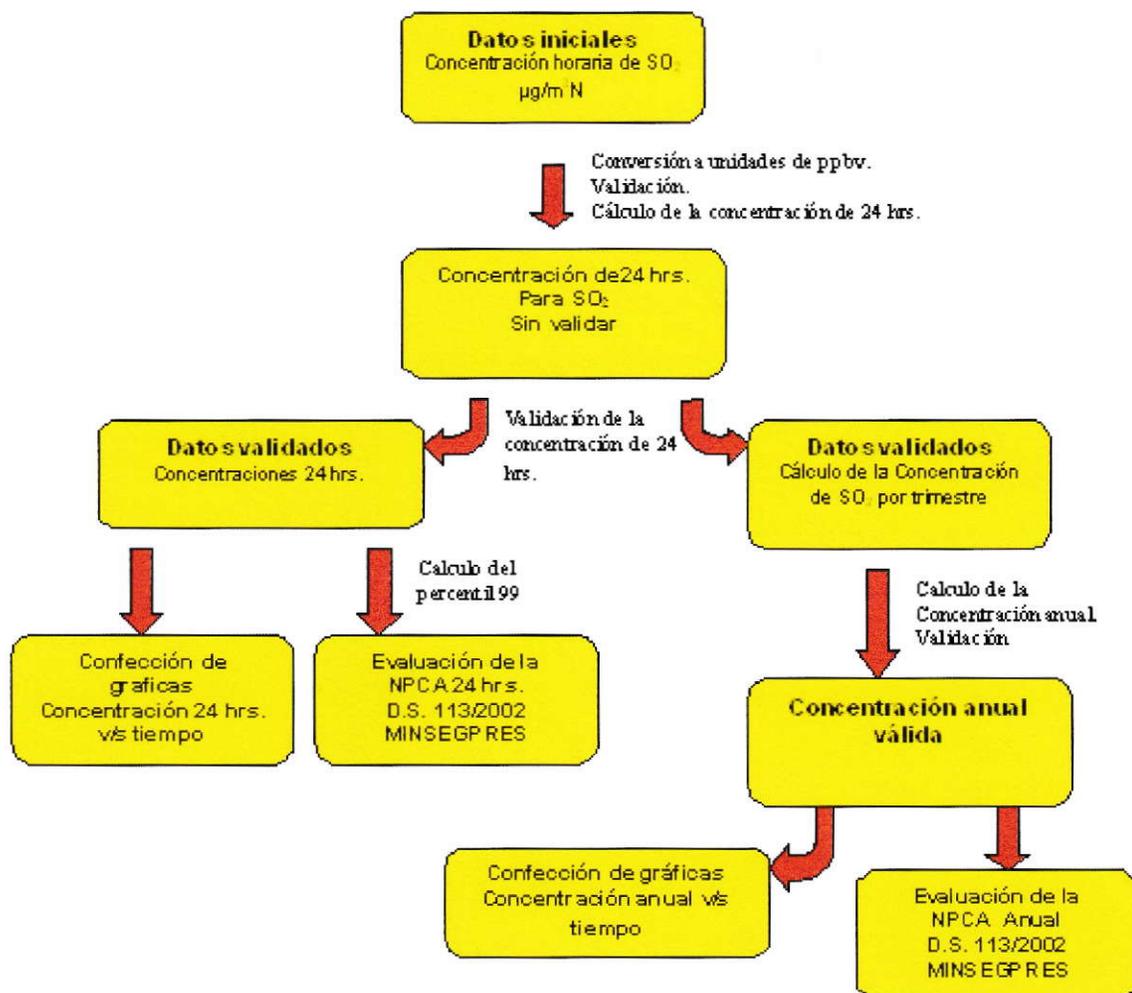


Figura 5: Diagrama simplificado de la metodología utilizada para evaluar la NPCA para SO_2 . D.S. 113/2002 MINSEGPRES

La Figura 6 resume la metodología empleada para la evaluación de la NPCA para NO_2 como concentración de 1 hora y concentración anual. D.S. 114/2002 MINSEGPRES

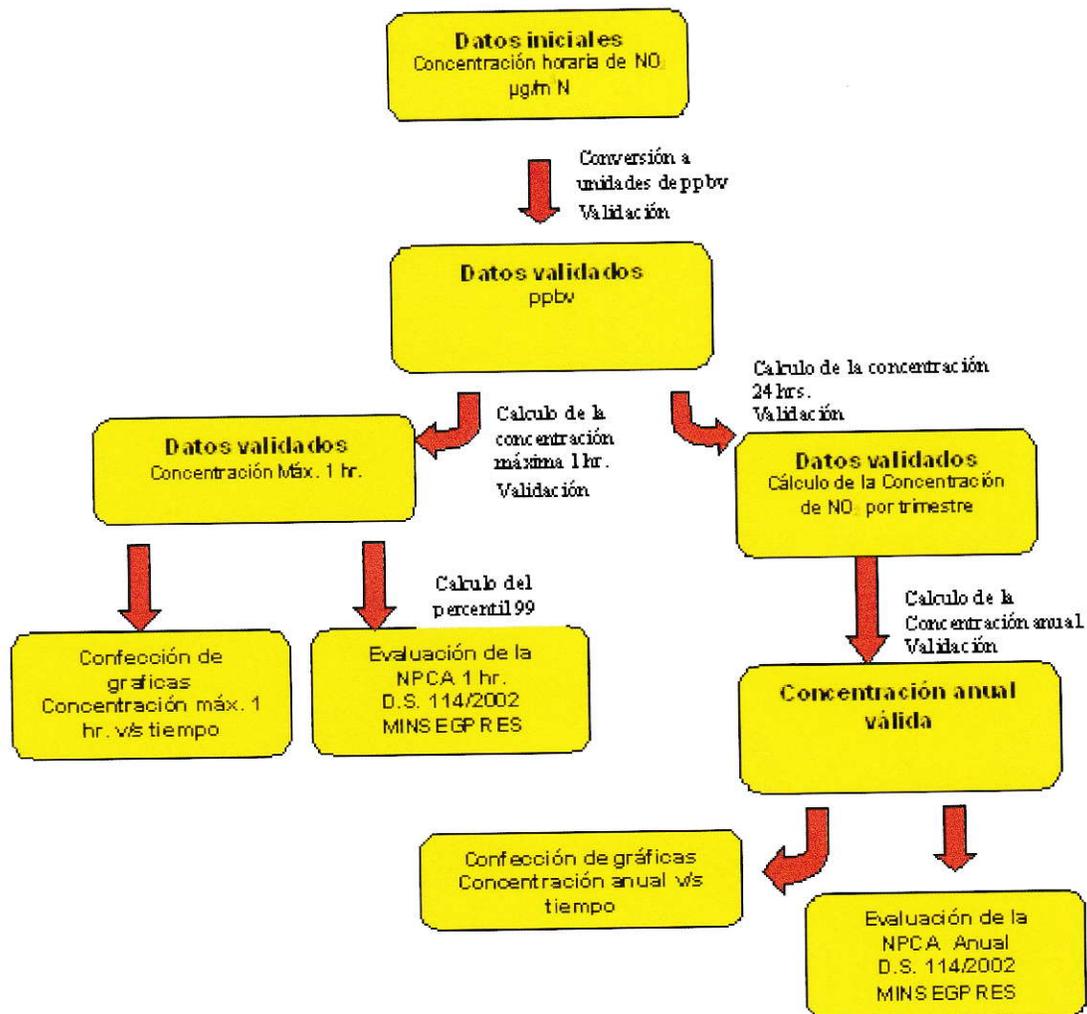


Figura 6: Diagrama simplificado de la metodología utilizada para evaluar la NPCA para NO_2 D.S. 114/2002 MINSEGPRES

La Figura 7 resume la Metodología para evaluar la NPCA para MP_{10} como concentración de 24 hrs. y Concentración anual D.S. 59/1998 MINSEGPRES

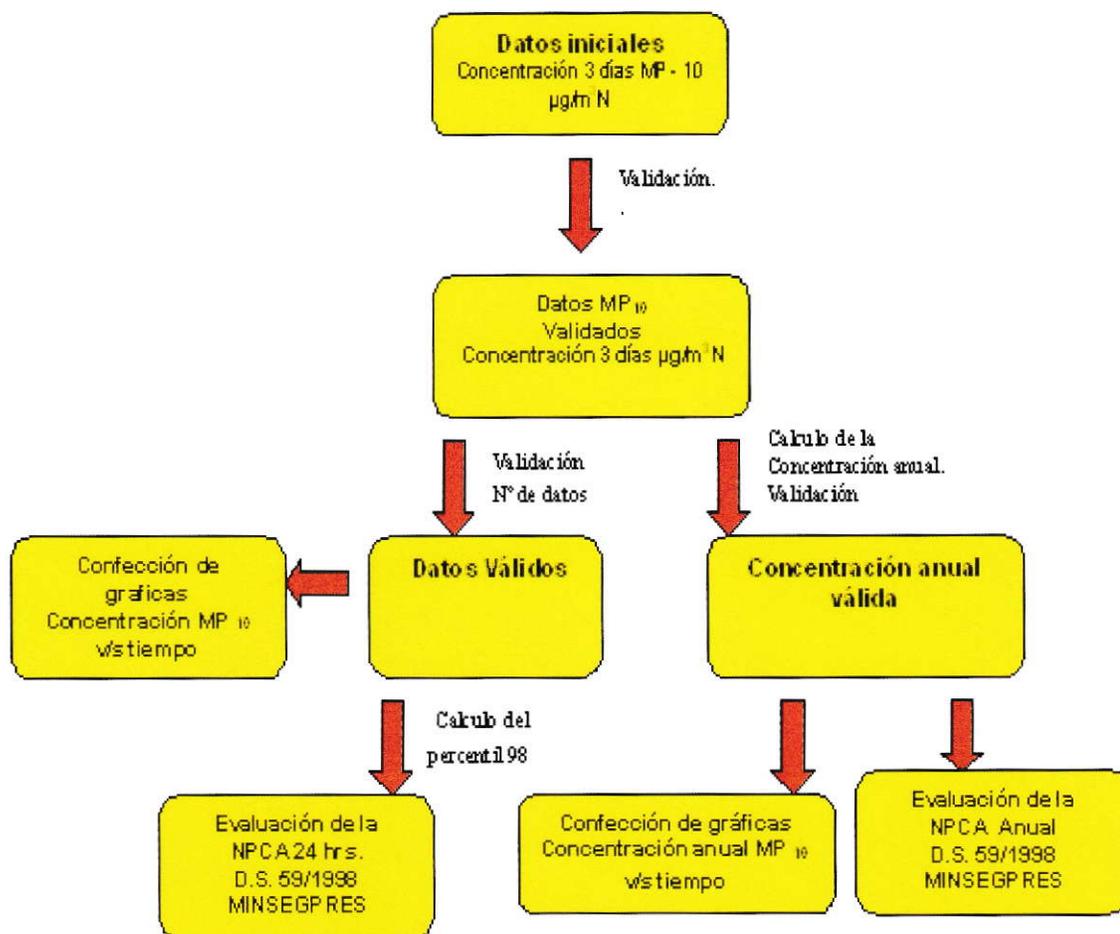


Figura 7: Diagrama simplificado de la metodología utilizada para evaluar la NPCA para MP_{10} . D.S. 59/1998 MINSEGPRES

CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1 Diagnóstico de la calidad del aire en Rancagua y Machalí – Coya. Área Circundante a La fundición de Caletones. “Análisis de la información de Calidad de aire y su relación con las normas vigentes”

A continuación se analizará la información de calidad de aire en el valle del Cachapoal, primero se hará referencia a la zona circundante a la fundición de Caletones y segundo al resto de las estaciones de monitoreo del valle. El análisis estadístico de estos datos permitirá determinar la relación de las concentraciones con lo establecido en la legislación Chilena vigente, con ello se podrá constatar si se cumple la normativa en las distintas localidades que constan con un sistema de monitoreo de calidad de aire

1.1 Evaluación de la NPCA para Anhídrido Sulfuroso (SO₂) como concentración de 24 hrs. y como concentración anual D.S. 113/2002 MINSEGPRES

1.1.1 Estación Coya Club

Como se aprecia en la tabla 3 se supera la NPCA para SO₂ como concentración de 24 hrs. Debido a que el promedio de 3 años calendarios del Percentil 99 de las concentraciones 24 hrs. da un valor de 129 ppbv, valor mayor en 33 unidades de ppbv al establecido en la NPCA para SO₂ como concentración de 24 hrs. correspondiente a 96 ppbv, durante el período establecido entre los años 2001 a 2003. Asimismo el período analizado entre los años 2000 a 2002 presenta excedencia a la NPCA para SO₂ como concentración de 24 hrs. (ver Anexo tabla 28) al registrarse un valor de 210 ppbv valor mayor en 114 unidades de ppbv al establecido en la normativa

En cuanto a la NPCA para SO₂ como concentración anual, se observa en la figura 8 una superación de la norma para el período comprendido entre los años 2000 a 2002, ya que el promedio aritmético de 3 años calendarios sucesivos de la concentración anual, arroja un valor de 36 ppbv (93 µg/m³N), valor mayor en 5 unidades de ppbv al establecido en la NPCA para SO₂ como concentración anual correspondiente a 31 ppbv (ver anexo Tabla 29), en cambio para el período correspondiente a los años 2001 a 2003, (ver anexo Tabla 30) se constata el cumplimiento de la normativa como concentración anual para la estación de Coya Club de Campo..

Es de importancia resaltar la disminución de las concentraciones de SO₂ en los períodos analizados, comportamiento explicado al cronograma de reducciones de SO₂ por parte de la fundición de Caletones.

Con los datos entregados en la estación monitora de Coya Club de Campo, no se pueden verificar el cumplimiento de la NPCA para SO₂, al no estar acreditada como estación monitora con representatividad poblacional para gas SO₂ (EMRPG) por parte del servicio de Salud, debido a la no existencia de población en la zona. Lo que se rescata en sí, es que el lugar no es adecuado para asentamientos humanos debido a las altas concentraciones de SO₂, la que pondría en peligro la salud de las personas.

Tabla 3: Control de la NPCA para SO₂ como concentración de 24 hrs. (96 ppbv) D.S. 113/2002 MINSEGPRES 01/01/2001 al 31/12/2003. Estación Coya Club

Período	Número datos válidos	Percentil 99 conc. de 24 hrs (µg/ m ³ N)	Percentil 99 conc. de 24 hrs (ppbv)
1º Ene 2001- 31 Dic. 2001	364	456	174
1º Ene 2002- 31 Dic. 2002	362	365	139
1º Ene 2003- 31 Dic. 2003	364	196	75
Promedio		339	129

1.1.2 Estación Coya Población.

En el período analizado entre los años 2000 y 2002 no se excede la NPCA para SO₂ como concentración de 24 hrs. D.S. 113/2002 MINSEGPRES de 96 ppbv o 250 µg/m³N. (Ver anexo Tabla 31). De igual forma para el período comprendido entre los años 2001 a 2003 no se constata la superación de la normativa como es posible apreciar en la tabla 4

La NPCA para SO₂ como concentración anual D.S.113/2002 MINSEGPRES (31 ppbv o 80 µg/m³N), no es superada en el período comprendido entre los años 2000 a 2002 y 2001 a 2003 (ver anexo Tablas 32 y 33). Se puede observar en la figura 8 que las concentraciones para gas dióxido de azufre han disminuido de forma constante en los años analizados, representando el año 2003 un 37 % en concentración con respecto al año de inicio del diagnóstico correspondiente al año 2000.

Tabla 4: Verificación del cumplimiento de la NPCA para SO₂ como concentración de 24 hrs. (96 ppbv). D.S. 113/2002 MINSEGPRES 01/01/2001 al 31/12/2003. Estación Coya Pob.

Período	Número datos válidos	Percentil 99 conc. de 24 hrs (µg/ m ³ N)	Percentil 99 conc. de 24 hrs (ppbv)
1° Ene 2001- 31 Dic. 2001	357	186	71
1° Ene 2002- 31 Dic. 2002	362	109	42
1° Ene 2003- 31 Dic. 2003	361	93	36
Promedio		129	49

1.1.3 Estación Rancagua

Las concentraciones de SO₂ medidos en la estación de Rancagua tanto para períodos de 24 hrs. como anuales, son bajas y no deben presentar problemas de contaminación urbana por la presencia del gas en la capital de la VI región.

En la estación de Rancagua se observa el cumplimiento de la norma primaria para SO₂ D.S. 113/2002 MINSEGPRES, como concentración de 24 hrs. durante el período 2000 a 2002 (ver anexo Tabla 34) y 2001 a 2003 como se detalla en la tabla 5.

El cumplimiento de la norma anual se comprueba tanto para los periodos 2000 a 2002 como 2001 a 2003 (ver anexo Tablas 35 y 36 respectivamente). En la Figura 8 se aprecia que las concentraciones anuales de SO₂ para la ciudad de Rancagua son del orden de los 14 µg/ m³N o 5 ppbv.

Esta estación no ha sido declarada como estación monitorea con representatividad poblacional para SO₂ (EMRPG), debido a que no existen reparos respecto de su localización pues no cumple con los requisitos establecidos en el D.S. 113/2002 MINSEGPRES

Tabla 5: Verificación del cumplimiento de la NPCA para SO₂ como concentración de 24 hrs. (96 ppbv) D.S. 113/2002 MINSEGPRES 01/01/2001 al 31/12/2003. Estación Rancagua.

Período	Número datos válidos	Percentil 99 conc. de 24 hrs (µg/ m ³ N)	Percentil 99 conc. de 24 hrs (ppbv)
1° Ene 2001- 31 Dic. 2001	363	14	5
1° Ene 2002- 31 Dic. 2002	365	17	7
1° Ene 2003- 31 Dic. 2003	365	10	4
Promedio		14	5

1.1.4 Estación Sewell

Durante el período comprendido entre los años 2000 a 2002 se determinó que la NPCA como concentración de 24 hrs. es superada ampliamente obteniéndose un valor para el percentil 99 en estos 3 años de 1169 ppbv (ver anexo Tabla 37) Se observa en la tabla 6 que la estación monitorea de Sewell supera la NPCA para SO₂ como concentración de 24 hrs. (96 ppbv o 250µg/m³N), en 836 unidades de ppbv durante los

años 2001 a 2003, Al calcularse un valor en los 3 años del percentil 99 equivalente a 932 ppbv.

En cuanto a las concentraciones anuales de SO₂ se constata que estas han superado ampliamente a lo establecido en la normativa (31 ppbv o 80µg/m³N), tanto en el período comprendido entre los años 2000 a 2002 (377 ppbv) y 2001 a 2003 (256 ppbv) (ver Anexo Tablas 38 y 39 respectivamente). La Figura 8 detalla con exactitud las concentraciones anuales de SO₂ calculadas entre los años 2000 a 2003.

Sewell no es un lugar apto para la localización de asentamientos humanos por lo que se justifica que la autoridad en el contexto del “plan de descontaminación de Caletones” y aplicado en el sector, halla evacuado años atrás el campamento minero a lugares mas alejados (D.S. 081/1998 MINSEGPRES), por ejemplo a la ciudad de Rancagua, como forma de cumplir con la meta de calidad de aire, al no existir población en el sector. De esta manera la zona se entiende sólo como lugar de trabajo de tipo industrial, debiéndose cumplir en ellos los niveles de contaminación definidos para la salud ocupacional del D.S. 594/1999 del MINSAL.(Sandoval, 2002) Además se debe seguir manteniendo el monitoreo de mediciones de SO₂ en el sector, como forma de tener un control y registro de la calidad del aire en el sector que se encuentra tan afectado por el gas contaminante y lograr que no se vuelva a poblar con gente el sector de Sewell, hasta que las concentraciones de SO₂ se encuentren bajo la normativa vigente para el gas.

El máximo impacto de las emisiones de la fundición de Caletones, se recalca en esta estación monitora. Sin embargo se observa en la gráfica anterior una disminución

marcada de las concentraciones, aunque siempre se esta por sobre lo establecido por la normativa actual.

Tabla 6: Control del cumplimiento de la NPCA para SO₂ como concentración de 24 hrs. (96 ppbv). D.S. 113/2002 MINSEGPRES. 01/01/2001 al 31/12/2003. Estación Sewell

Período	Número datos válidos	Percentil 99 conc. de 24 hrs (µg/ m ³ N)	Percentil 99 conc. de 24 hrs (ppbv)
1° Ene 2001- 31 Dic 2001	354	2328	889
1° Ene 2002- 31 Dic 2002	364	2482	948
1° Ene 2003- 31 Dic 2003	362	2507	958
Promedio		2439	932

La tabla 7 y Figura 8 se realizó con el objetivo de hacer una comparación entre las distintas estaciones de monitoreo, en cuanto a los niveles de concentración de SO₂ anual que presentaron durante el período 2000 a 2003.

Según el diagnóstico hecho, se puede observar en las gráficas de barras que la estación Sewell es la que presenta los mayores problemas de contaminación por SO₂, para períodos anuales, mientras que la estación de Rancagua es la que presenta los menores índices de contaminación por SO₂. En si las concentraciones han experimentado un constante decrecimiento a través de los años de estudio, esto se relaciona directamente con el “cronograma de reducciones de emisiones de SO₂” establecido por la fundición de Caletones. Para mayor detalle consultar D.S.081/1998 MINSEGPRES en Anexo Normativa legal.

Tabla 7: verificación del cumplimiento de la NPCA para SO₂ como concentración anual (31 ppbv). D.S. 113/2002 MINSEGPRES. Estaciones Coya Club; Coya Pob; Rgua; Sewell. Período 2000 al 2003

Año	Coya Club/ppbv	Coya Pob/ppbv.	Rancagua/ppbv	Sewell/ppbv
2000	57	10	2	597
2001	25	8	1	306
2002	24	7	1	230
2003	13	4	1	232

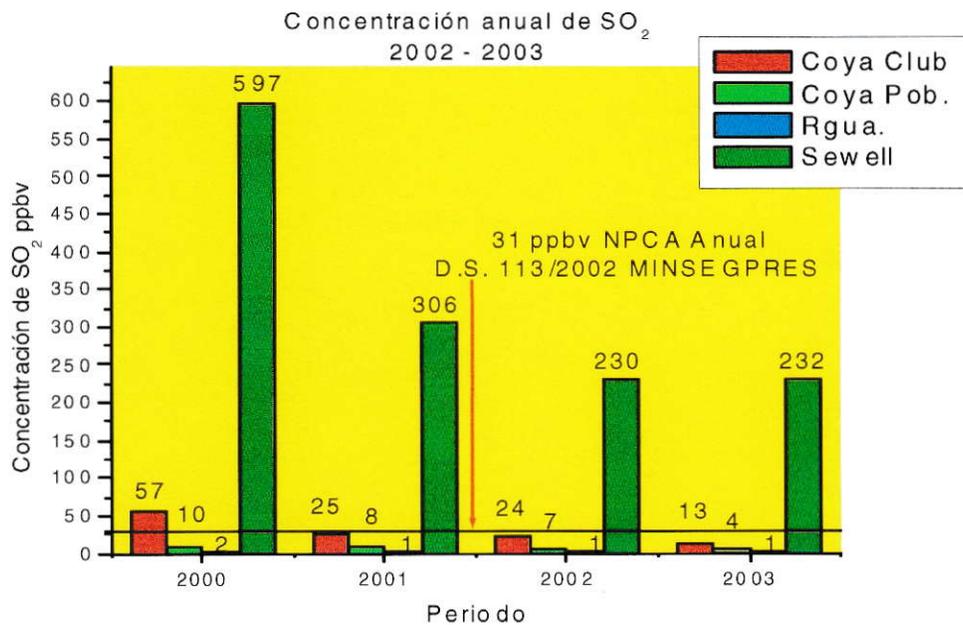


Figura 8: Concentración anual (ppbv) de las estaciones Coya Club; Coya Población; Rancagua; Sewell (2000 al 2003)

1.2 Verificación del cumplimiento de la RES. 1215/1978 MINSAL Para SO₂ como concentración de 24 hrs. Estaciones Coya Club de Campo y Coya Población.

De la tabla 8 es posible afirmar que las excedencias a esta norma han disminuido a un valor de 0 excedencias para el año 2003 en ambas estaciones. Cumpliéndose

entonces en estas estaciones la NPCA establecida en la resolución 1215/1978 MINSAL hacia el año 2003.

En la estación Coya club de Campo, se observa el no cumplimiento de la presente norma entre los años 2000 a 2002, siendo el 2003 el año en que se pudo dar cumplimiento a la RES. N° 1215/1978 MINSAL (no más de una excedencia por año).

Para una mayor información sobre la Resolución consultar en “anexo normativa legal”

Tabla 8: Excedencia a la NPCA para SO₂ como concentración de 24 hrs. Según RES N° 1215/1978 MINSAL (365µg/m³N). Estaciones Coya Club y Coya Pob. Período 2000 al 2003.

Número de veces excedida la norma diaria SO ₂ de 365 µg/m ³ N según RESOLUCIÓN N° 1215/1978 MINSAL, Período 2000 - 2003		
Año	Coya Club de Campo	Coya Población
2000	45	1
2001	7	0
2002	5	0
2003	0	0

1.3 Control de la Norma Secundaria de Calidad del aire para SO₂ (NSCA)

1.3.1 Estaciones Cauquenes y Cipreses

Para el caso del contaminante analizado SO₂ el D.S. 185/1991 MINIMINERÍA, establece un valor de 31 ppbv o 80 µg/m³N para el sector norte, zona en donde se encuentran emplazadas estas estaciones (para una mejor comprensión de la norma consultar en “anexo normativa legal”). En la Figura 9 se observa que esta norma no ha sido sobrepasada durante el período correspondiente a los Años 2000 a 2003, para el año 2000 se encuentran las concentraciones mas altas para el contaminante, representando un valor del 64 % en relación a la norma secundaria norte para la estación de Cauquenes y un valor del 48 % en relación a la norma secundaria norte para la estación de Cipreses.

Para el año 2001 las concentraciones de SO_2 han disminuido a un valor cercano al 17% en relación a la norma secundaria norte para ambas estaciones, en el año 2002 se mantienen las concentraciones cercanas al valor mencionado para el año 2001 y en el año 2003 las concentraciones han disminuido levemente representando un valor de 11% con respecto a la norma secundaria norte para la estación de Cauquenes y un valor de 6% con respecto a la norma secundaria norte para la estación de Cipreses. (Ver Anexo Tabla 40)

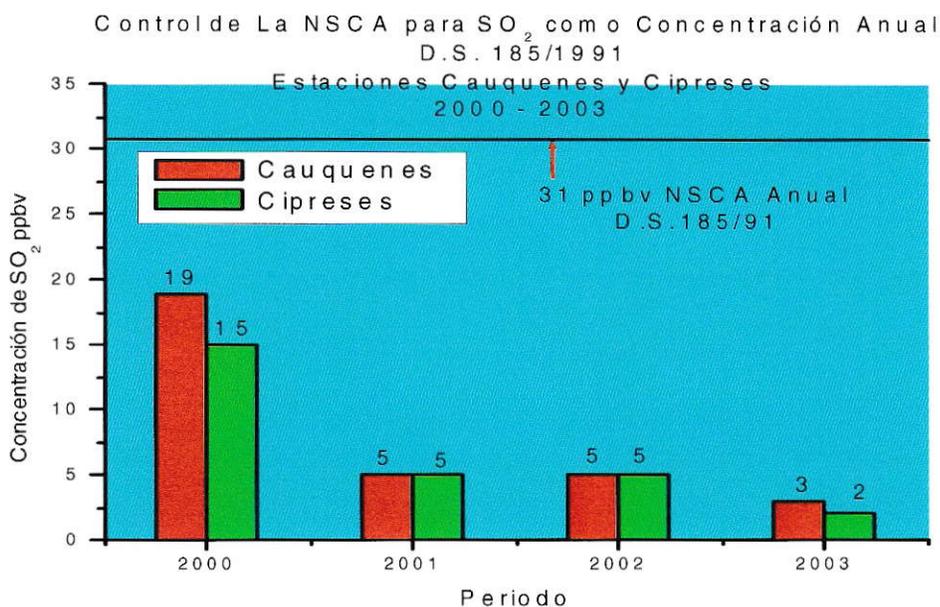


Figura 9: Concentraciones anuales de SO_2 para la evaluación de la NSCA anual norte. Estaciones Cauquenes y Cipreses (2000 - 2003)

1.4 Evaluación de la NSCA norte para SO_2 como concentración de 1 hora

Como se observa en la tabla 9 para el año 2000 el número de excedencias a la norma era mayoritariamente para la estación Cauquenes con 24 excedencias, sin

embargo en los años siguientes (2001 a 2003), se verifica el cumplimiento de la norma con cero excedencias a la norma horaria secundaria.

En cuanto a la estación Cipreses, se determinó que para el año 2000 el número de excedencias es casi nulo con una sola excedencia registrada en el mes de marzo, el año 2002 presenta 3 excedencias correspondiendo todas al mes de marzo, los años 2001 y 2003 presentan cero excedencias a la norma horaria secundaria, cumpliéndose entonces en este último período la norma secundaria.

Tabla 9: Excedencia norma horaria secundaria de SO₂ (1000 µg/m³N) D.S. 185/1991 MINMINERÍA; Estaciones Cipreses y Cauquenes

Número de veces excedida la norma horaria secundaria de SO ₂ 1000 µg/m ³ N D.S. 185/1991 MINMINERÍA		
Año	Cipreses	Cauquenes
2000	1	24
2001	0	0
2002	3	0
2003	0	0

1.5 Evaluación de la NPCA para MP₁₀ D.S 59/1998 MINSEGPRES

1.5.1 Estaciones Coya Club y Coya Población.

Las concentraciones anuales en ambas estaciones no presentan excedencias a la NPCA para MP₁₀ establecida en el D.S. 59/1998 MINSEGPRES, de 50 µg/m³N (para una mejor comprensión de la norma consultar en “anexo normativa legal”), por lo que la norma no ha sido sobrepasada en el período comprendido entre los años 2001 a 2003 (ver Anexo tablas 41, 42 y 43)

En la Figura 10 se observa claramente que existe un acercamiento a la norma anual D.S. N° 59/1998 MINSEGPRES (50 µg/m³N) por parte de la estación Coya población, sin embargo el promedio aritmético de los tres años da un resultado de 44

$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ lo que implica que la norma primaria para MP_{10} no ha sido superada. Sin embargo esta concentración representa un 88 % en concentración con relación al establecido en la normativa de $50\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, por lo que la localidad de Coya población puede declararse como zona latente en material particulado respirable. La estación Coya Club esta por debajo de los límites establecidos por la norma con un promedio de los tres años igual a $26 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, representando un 52 % en concentración a lo establecido en la normativa anual.

La NPCA como el promedio móvil de 24 hrs. se evaluó calculando el percentil 98 de las concentraciones promedio de 3 días de medición de MP_{10} . En la tabla 10 se detalla el percentil 98 para las estaciones de Coya Club de Campo y Coya Población, en esta los datos obtenidos no representan la superación de la norma de calidad de aire

Tabla 10: Evaluación de la NPCA para MP_{10} como concentración de 24 hrs.D.S. 59/1998 MINSEGPRES. Estaciones Coya Club de Campo y Coya Población, 2001 a 2003

Período	2001		2002		2003	
Estación	Coya Club	Coya Pob.	Coya Club	Coya Pob.	Coya Club	Coya Pob.
Percentil 98 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	56	71	55	89	55	90
Nº datos válidos	111	113	116	111	107	106

Además la norma nos permite verificar su cumplimiento, al determinar el número de excedencias al valor de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ establecido en ella, este número no debe ser mayor a 7, si no es así la zona es declarada como saturada por MP_{10} . Como el método utilizado entrega un valor cada 3 días se supondrá que la concentración obtenida representa un promedio de esos 3 días de medición, ya que se requiere específicamente

de un dato diario de concentración máxima para evaluar la norma. En la Tabla 11 se demuestra que la norma primaria establecida en el D.S. 59/1998 MINSEGPRES como concentración de 24 horas ha sido cumplida ya que no se ha sobrepasado por un número mayor de 7 mediciones diarias la concentración máxima permitida en los períodos analizados.

Tabla: **11** Excedencia a la NPCA D.S. 59/1998 MINSEGPRES como concentración de 24 horas. Estaciones Coya Club y Coya Población. (2001 a 2003)

Número de veces excedida la norma primaria D.S. 59/1998 MINSEGPRES Como concentración de 24 horas.		
Año	Coya Club de Campo	Coya Población
2001	0	0
2002	0	0
2003	0	0

En sí Coya club de campo exhibe bajas concentraciones de MP_{10} en relación a Coya población, debido fundamentalmente a que en Coya población existen emisiones a la atmósfera local de polvo natural, provenientes de suelos desnudos, áreas sin pavimentar, variables que en Coya club de Campo no se presentan ya que el sector es un centro recreacional que posee un entorno verde bien forestado. Es de importancia entonces recomendar a la Municipalidad del sector el implementar un sistema de gestión de áreas verdes, en conjunto con la recuperación de espacios públicos, medidas que ayudarían a reducir considerablemente las concentraciones de material particulado respirable en la zona de Coya población.

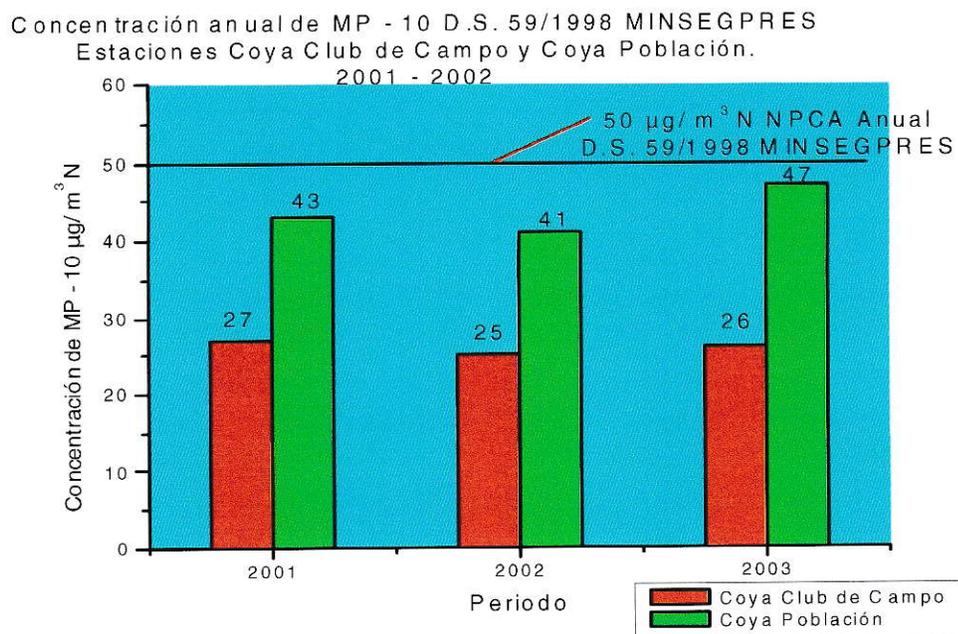


Figura 10: Concentraciones anuales MP_{10} (2001 – 2003) Estaciones Coya Club y Coya Población.

2 Diagnóstico de la calidad del aire en las localidades de: Codegua, La Leonera, San Francisco de Mostazal, Coltauco y Quinta de Tilcoco

“Evaluación de la calidad del aire en las estaciones de monitoreo del Valle del Cachapoal”

En el presente se analizará la información de la calidad del aire proveniente de líneas bases para proyectos de Centrales Termoeléctricas. “Candelaria” y “Monte Lorenzo” obras que se desean instalar en el valle del Cachapoal, por una cuestión netamente energética

2.1 Evaluación de la NPCA para O₃ como concentración de 8 horas D.S. 112/2002 MINSEGPRES

2.1.1 Estación Codegua

Para poder verificar en la estación de Codegua el cumplimiento de la Normativa se debe poseer el registro de datos de 3 años consecutivos, si se quiere validar tal información se debe tener 3 años calendarios de mediciones consecutivas. En el año 2003, existe un número menor de datos para validar el percentil 99 (265 datos), siendo 274 datos los mínimos para calcular este percentil, además al calcular con el número de datos que realmente se midieron en el año 2003, el percentil 99 de los máximos diarios del promedio móvil de 8 horas, nos da un valor de 53 ppbv, dato que tampoco puede ser válido ya que no supera el valor establecido por la norma de 61 ppbv D.S. 112/2002 MINSEGPRES. Por lo que el año no debería ser válido y no se podría verificar y validar la información registrada en esta estación monitora (ver tabla 12). Aun así es posible afirmar con los datos de la tabla 11, que la comuna de Codegua se encuentra en una

situación de latencia por O₃ troposférico, al representar el promedio no válido un 89 % en concentración con relación al valor establecido en la normativa de 61 ppbv.

Lo importante de resaltar en esta estación, es que en el período en que se realizó el diagnóstico, las concentraciones de Ozono troposférico han experimentado un aumento constante, encontrándose que para el año 2004, la estación de Codegua arroja un valor de 61 ppbv, el cual se encuentra en el límite de la normativa.

En la figura 11 se observa un comportamiento estacional de las concentraciones máximas diarias para el promedio móvil de 8 hrs. entre los años 2002 a 2004, en donde durante los periodos cálidos de Primavera/verano de cada uno de estos años se aprecian las mayores concentraciones, producto de que el gas es formado por una reacción fotoquímica que se ve acrecentada por la mayor intensidad solar en estos períodos.

Tabla 12: Evaluación NPCA para O₃ como concentración de 8 horas. (61 ppbv)
D.S. 112/2002 MINSEGPRES Estación Codegua (2002 – 2004)

Estación Monitora de Codegua		
Período	Número de datos válidos	Percentil 99 Máximo diario promedio móvil de 8 hrs. ppbv
01/01/2002 – 31/12/2002	337	50
01/01/2003 – 31/12/2003	257*	(53)
01/01/2004 – 31/12/2004	317	61
Promedio		No Válido (54)

- año no válido 274 datos como mínimo

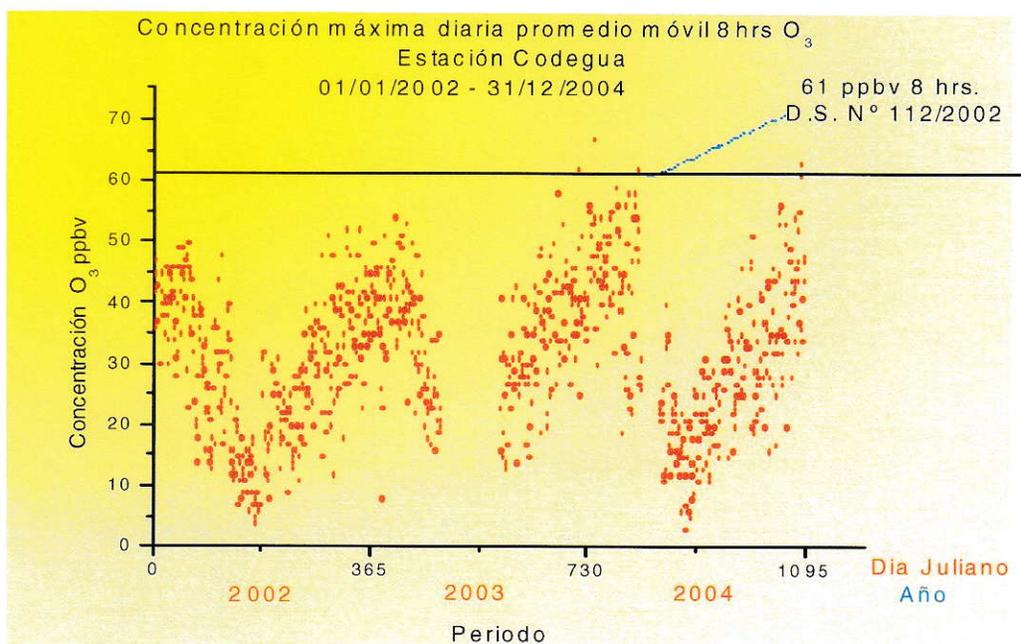


Figura 11: Concentración máxima diaria para el Promedio móvil de 8 hrs. Estación Codegua (2002-2004)

2.1.2 Estación La Leonera

En la estación La Leonera se analizó la concentración de ozono para un período de dos años no calendarios sucesivos, con esta información no es posible validar la información de calidad de aire para este contaminante. Sin embargo con los datos obtenidos se puede apreciar que esta estación mientras estuvo en funcionamiento presentó un aumento de 16 unidades de ppbv, desde el año 2002 a 2003, en el percentil 99 de las concentraciones máximas diarias del promedio móvil de 8 horas, el dato representa un 85 % al valor establecido en la normativa, durante el último período de medición (ver tabla 13) Hubiese sido recomendable que esta estación siguiese en funcionamiento en este sector, de forma de tener los datos de años venideros y observar un comportamiento más detallado del contaminante. Aun así se observa en la Figura 12

el comportamiento estacional de este contaminante en el período analizado con respecto a las concentraciones máximas del promedio móvil de 8 horas, en los periodos cálidos, como es de esperar se registran las mayores concentraciones de ozono producto de la mayor intensidad de la radiación solar

Tabla 13: Evaluación NPCA para O₃ como concentración de 8 horas. (61 ppbv)
D.S. 112/2002 MINSEGPRES Estaciona La Leonera (2001 – 2003)

Estación La Leonera		
Período	Número de datos válidos	Percentil 99 Máximo diario promedio móvil de 8 hrs. ppbv
01/04/2001 – 31/03/2002	342	36
01/04/2002 – 31/03/2003	347	52

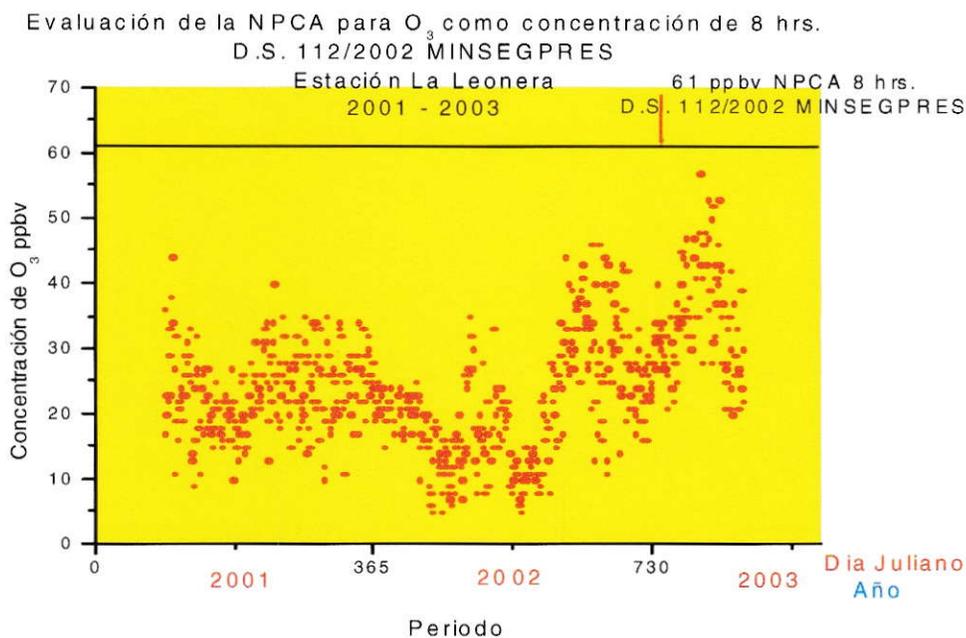


Figura 12: Concentración máxima diaria para el Promedio móvil de 8 hrs. Estación La Leonera (2001-2003)

La tabla 14 detalla la evaluación de la norma primaria de calidad de aire para ozono como el promedio móvil de 8 hrs. Para las estaciones de San Francisco de Mostazal; Coltauco y Quinta de Tilcoco, durante el año 2004.

Tabla 14: Evaluación NPCA para O₃ como concentración de 8 horas. (61 ppbv) D.S. 112/2002 MINSEGPRES Estaciones Mostazal, Coltauco y Quinta de Tilcoco

NPCA para O ₃ D.S. 112/2002 MINSEGPRES (61 ppbv)			
Estación	Período	Nº de datos Válidos	Percentil 99 máx. diario promedio móvil de 8 hrs. (ppbv)
S. F. Mostazal	23/01/2004 – 31/12/2004	338	52
Coltauco	09/03/2004 – 31/12/2004	288	46
Quinta de Tilcoco	10/03/2004 – 31/12/2004	285	50

2.1.3 Estación San Francisco de Mostazal

Para la estación de San Francisco de Mostazal se obtuvo un valor de 52 ppbv en concentración de O₃ para el percentil 99 de las concentraciones máximas del promedio móvil de 8 hrs. este nivel esta a 9 unidades de ppbv de alcanzar el límite establecido por la normativa de 61 ppbv y representa un 85 % de este valor. (Ver tabla 14). De seguir una tendencia de aumento en las concentraciones de O₃ a lo largo de los años de monitoreo como ha ocurrido en el caso de Codegua y La Leonera, la comuna de San Francisco de Mostazal representaría potencialmente una zona de latencia por O₃ troposférico.

La estacionalidad de la concentración de ozono en la comuna de San Francisco de Mostazal, con respecto al máximo diario del promedio móvil de 8 hrs. se aprecia en la Figura 13, en donde se ve que las mayores concentraciones del gas tienen ocurrencia en los períodos cálidos Primavera/Verano del año 2004.

Los datos en si no son suficientes para validar la información aquí establecida, se espera entonces que la verificación de la NPCA para O_3 podrá determinarse a partir del 23 de enero del año 2007, en esta fecha ya se dispondrá de 3 años no calendarios de información. Ya Para el 1 de enero del año 2008 se tendrá la cantidad necesaria de información (3 años calendarios) y de esta manera validar tal información

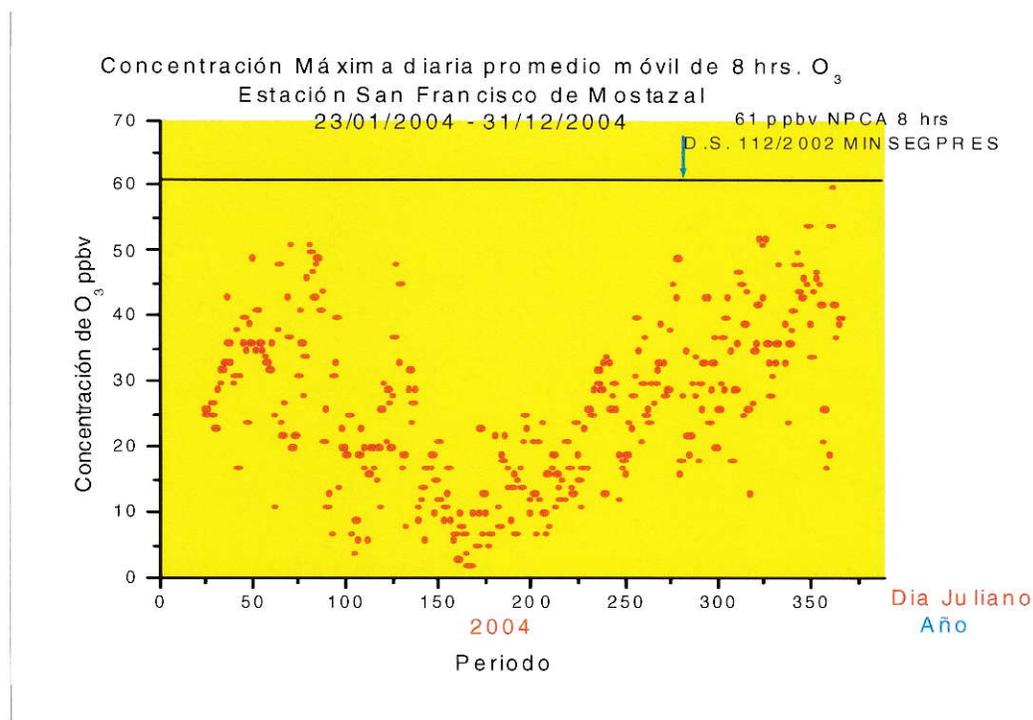


Figura 13: Concentración máxima diaria de O_3 para el Promedio móvil de 8 hrs. Estación Mostazal (2004)

2.1.4 Estación Coltauco

En la Estación de Coltauco se obtuvo un valor de 46 ppbv para el percentil 99 de los máximos diarios del promedio móvil de 8 hrs. (ver tabla 14), dato que representa un 75% al establecido en la normativa. Los 288 datos son suficientes para poder utilizar el

valor para la verificación de la NPCA para O₃ D.S. 112/2002 MINSEGPRES durante el año 2004. Para el 10 de marzo del año 2007 se tendrá la información necesaria (3 años no calendarios) para verificar el cumplimiento de la normativa. Ya para el 1 de enero del año 2008 se dispondrá de la información necesaria para validar la información aquí mostrada.

En si las concentraciones de O₃ establecidas por la línea base de proyectos de Centrales termoeléctricas en el sector de Coltauco durante el año 2004 no presentaron un comportamiento peligroso para la salud de la comunidad

Como se aprecia en la Figura 14 las mayores concentraciones de los máximos diarios del promedio móvil de 8 hrs. para O₃ se encuentran en los períodos cálidos, mientras que en las épocas frías de Otoño/Invierno, estas concentraciones son bajas.

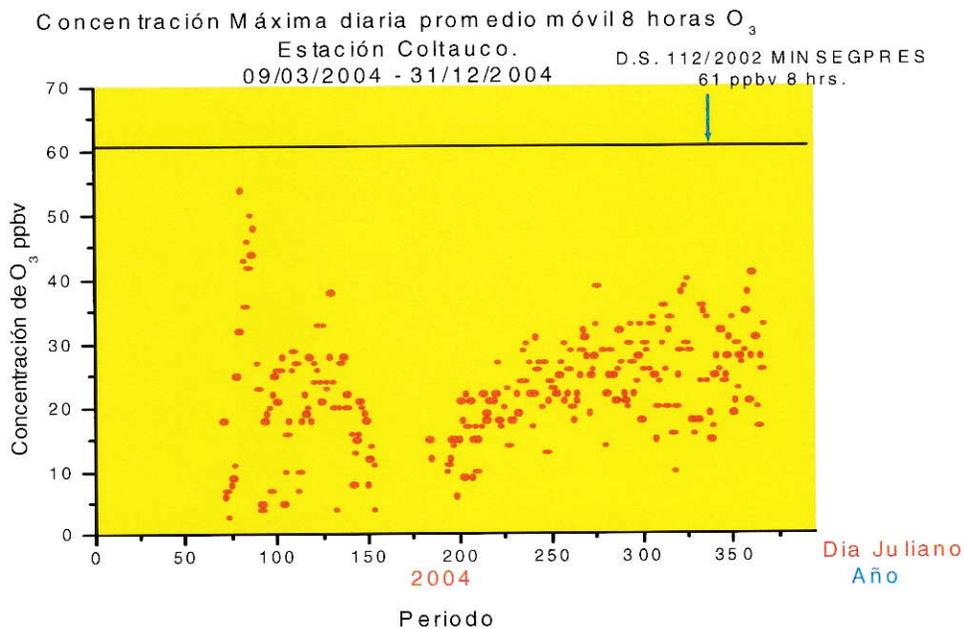


Figura 14: Concentración máxima diaria de O₃ para el Promedio móvil de 8 hrs. Estación Coltauco (2004)

2.1.5 Estación Quinta de Tilcoco

En la estación de Quinta de Tilcoco se obtuvo un valor de 50 ppbv para el percentil 99 de los máximos diarios del promedio móvil de 8 hrs. para el año 2004 (ver tabla 14), el valor se encuentra a 11 unidades de ppbv de alcanzar al establecido en la normativa de 61 ppbv D.S. 112/2004 MINSEGPRES y representa un 82% de este valor. Se establece entonces que la normativa para el año 2004 no ha sido superada en esta Comuna, pero de seguir la tendencia existirían problemas de latencia por O₃.

Para el 11 de marzo del año 2007 se tendrá la información necesaria (3 años no calendarios) para verificar el cumplimiento de la normativa. Ya para el 1 de enero del año 2008 se dispondrá de la información necesaria para validar la información aquí establecida.

Como se ve en la Figura 15 la estacionalidad de la máxima concentración diaria del promedio móvil de 8 hrs. se aprecia en los períodos cálidos de Primavera/Verano De continuar en sí una tendencia en el aumento de las concentraciones de O₃ como las observadas en otras estaciones de monitoreo del Valle del Cachapoal, lo mas probable es que el sector se encuentre en una situación futura de latencia por O₃ troposférico, esto sí cuando se disponga de la información necesaria para afirmar lo anterior.

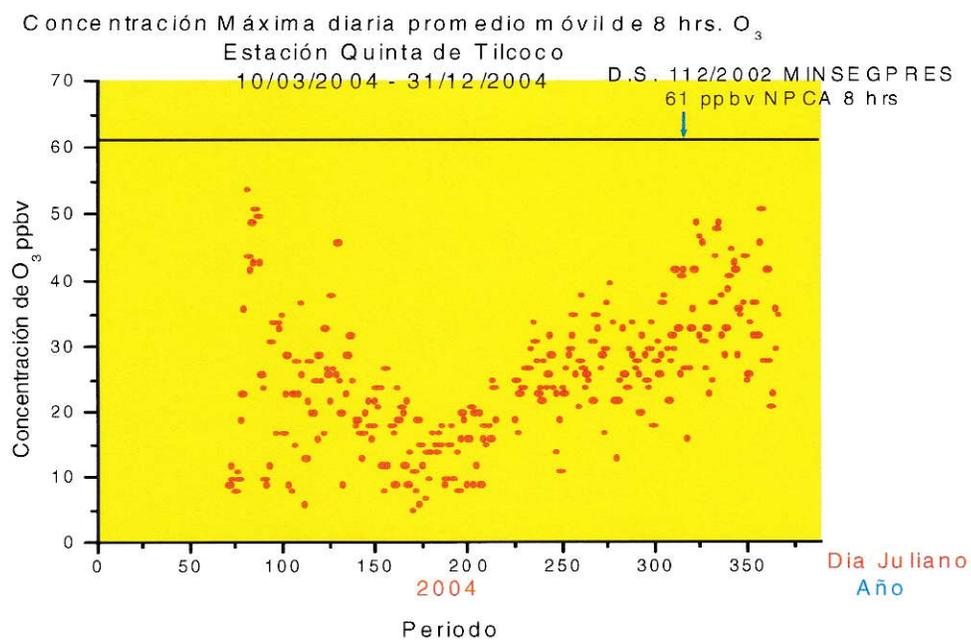


Figura 15: Concentración máxima diaria de O_3 para el Promedio móvil de 8 hrs.
Estación Quinta de Tilcoco (2004)

2.2 Evaluación de la Norma Primaria de calidad de aire para SO₂ Como concentración de 24 hrs. D.S. 113/2002 MINSEGPRES

2.2.1 Estación Codegua

Las concentraciones de SO₂ en la estación de Codegua son bajas y están lejos de superar la NPCA como concentración de 24 hrs. de 96 ppbv.

En la tabla 15 se aprecia que el percentil 99 de las concentraciones de 24 hrs. ha presentado una disminución significativa en el transcurso del período analizado, ya hacia el año 2004 el dato representa un 10 % al establecido en la normativa.

En el año 2003 no se poseen de los 274 datos como mínimo para validar el dato del percentil 99 de las concentraciones de 24 hrs. Para el 1 de enero del año 2007 se tendrá la información necesaria para verificar el cumplimiento de la normativa y validar tal información, a la fecha se dispondrá del registro de 3 años calendarios consecutivos.

En la figura 16 se aprecia que las concentraciones de 24 hrs. fueron más altas en el año 2002, mientras que para los años 2003 y 2004 estas concentraciones disminuyeron fuertemente, debido a la aplicación del cronograma de reducciones de emisiones por parte de la Fundición de Caletones principal fuente emisora del gas en la zona, las reducciones tienen influencia directa en la baja de las concentraciones, incluso fuera de la zona saturada como queda demostrado en la comuna de Codegua

La estacionalidad del contaminante con respecto a la concentración de 24 hrs. es difícil de establecer al no existir un comportamiento claro del SO₂ en el tiempo, en general las concentraciones son constantes a lo largo de los años 2003 y 2004.

Tabla 15: Evaluación NPCA para SO₂ como concentración de 24 hrs. (96 ppbv)
D.S. 113/2002 MINSEGPRES Estación Codegua (2002 – 2004)

Estación Codegua		
Período	Número de datos válidos	Percentil 99. ppbv
01/01/2002 – 31/12/2002	355	45
01/01/2003 – 31/12/2003	262*	(16)
01/01/2004 – 31/12/2004	322	10
Promedio		No válido(24)

*año no válido 274 datos como mínimo

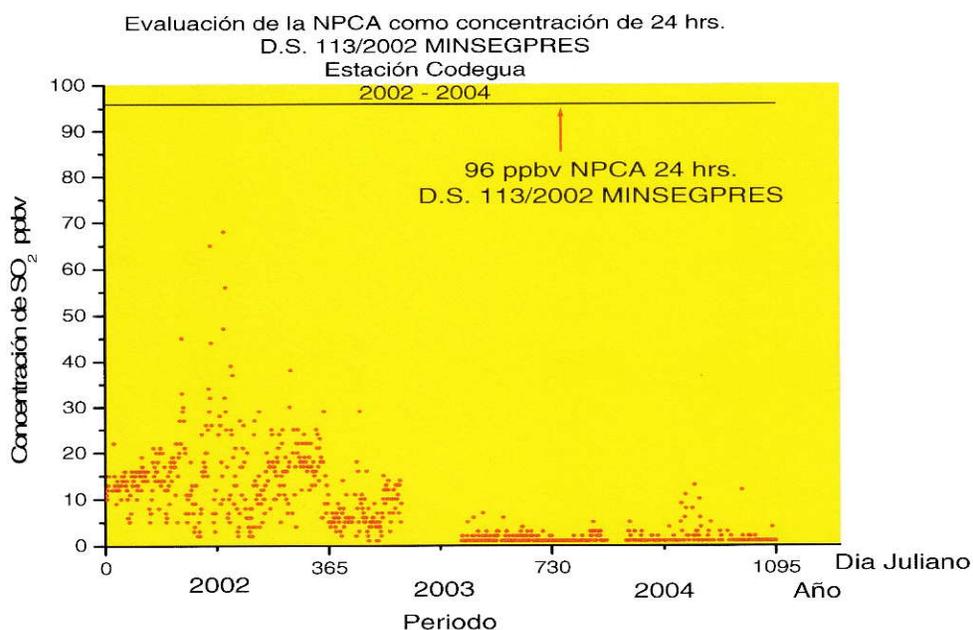


Figura 16: Concentraciones de 24 hrs. para SO₂ Estación Codegua (2002 a 2004)

2.2.2 Estación La Leonera

En la estación de la Leonera se analizó la situación del SO₂ con respecto a la NPCA como concentración de 24 hrs. D.S. 113/2002 MINSEGPRES, como se aprecia en la Tabla 16 para el período analizado, entre los años 2001 a 2003 no existe una superación de la NPCA, sin embargo esta estación desde abril del año 2003 no prosiguió con el monitoreo continuo de este gas. por lo que se hace imposible realizar la

verificación por el procedimiento normal de la NPCA como concentración de 24 hrs. y por ende la validación de los datos anteriores, al no poseer tres años calendarios sucesivos de monitoreo del gas. Sin embargo es posible afirmar que hacia el último período de medición la concentración calculada represento un 60 % al establecido en la normativa

En la Figura 17 se aprecia el comportamiento del gas para el período comprendido entre los años 2001 a 2003 con respecto a la concentración de 24 hrs. En este gráfico se observa que las mayores concentraciones de 24 hrs. se encuentran en el mes de junio de los años 2001 y 2002, para el año 2003 a la fecha ya no se posee registro de datos por lo que no es posible afirmar esta tendencia.

Tabla 16: Evaluación NPCA para SO₂ como concentración de 24 hrs. (96 ppbv) D.S. 113/2002 MINSEGPRES Estación La Leonera (2001 – 2003)

Estación La Leonera		
Período	Número de datos válidos	Percentil 99. ppbv
01/04/2001 – 31/03/2002	356	35
01/04/2002 – 31/03/2003	356	58

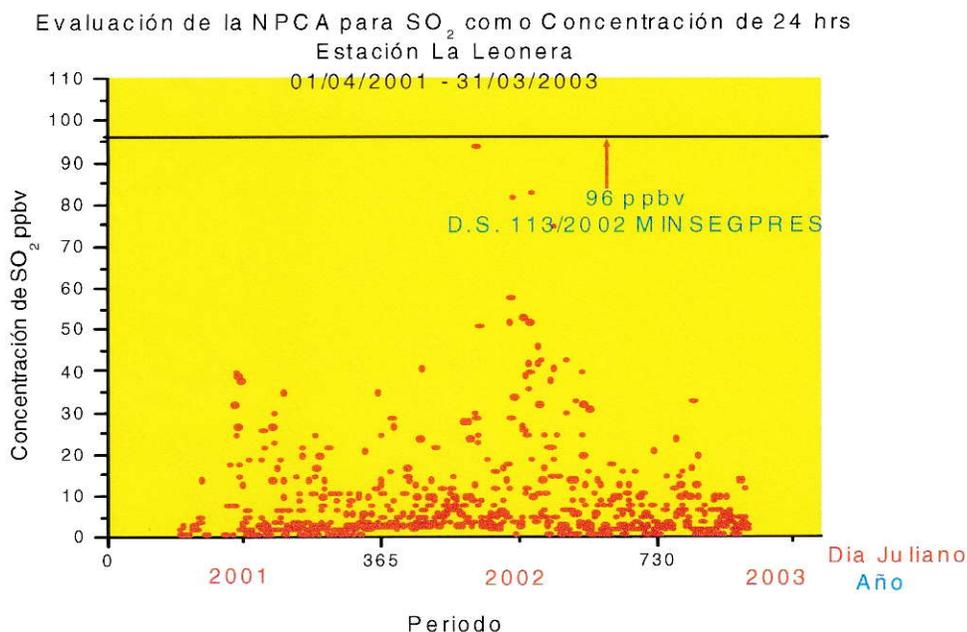


Figura 17: Concentraciones de 24 hrs. para SO₂ Estación La Leonera (2001 a 2003)

La tabla 17 detalla la evaluación de la norma primaria de calidad de aire para SO₂ como concentración de 24 hrs. para Mostazal; Coltauco y Quinta de Tilcoco durante el año 2004:

Tabla 17: Evaluación NPCA para SO₂ como concentración de 24 hrs. (96 ppbv) D.S. 113/2002 MINSEGPRES Estaciones Mostazal, Coltauco y Quinta de Tilcoco

NPCA 24 hrs. para SO ₂ D.S. 113/2002 MINSEGPRES (96 ppbv)			
Estación	Período	Nº de datos Válidos	Percentil 99 (ppbv)
S. F. Mostazal	23/01/2004 – 31/12/2004	328	5
Coltauco	10/03/2004 – 31/12/2004	297	2
Quinta de Tilcoco	10/03/2004 – 31/12/2004	284	5

2.2.3 Estación San Francisco de Mostazal

En la estación de San Francisco de Mostazal se determinó el percentil 99 de las concentraciones de 24 hrs. para SO₂ durante el año 2004, el monitoreo en esta localidad

comenzó el día 23 de enero del año 2004 por lo que se tienen los datos suficientes para calcular el percentil 99 para el año 2004. En la tabla 17 se registra este dato el cual alcanza un valor de 5 ppbv, el cual esta por debajo a lo establecido por la normativa de 96 ppbv, la concentración representa un 5 % al valor de la normativa.

La NPCA para SO₂ como concentración de 24 hrs., podrá ser verificada en cumplimiento a partir de dos períodos más de 12 meses o 2 años no calendarios sucesivos, de acuerdo a lo anterior esta situación será posible a partir del día 23 de enero del año 2007. Lo anterior será válido hasta que se disponga de un registro sucesivo de datos de monitoreo para el gas de 3 años calendarios sucesivos. Ya para el 1 de enero del año 2008 se dispondrá de información suficiente para realizar esta validación.

En la Figura 18 se grafica el comportamiento de las concentraciones de 24 hrs. para SO₂ durante el año 2004, en esta figura se ve con mayor claridad las bajas concentraciones del gas en la comuna de Mostazal, por ende el SO₂ no fue un problema de contaminación atmosférica en esta localidad durante el año 2004, sin embargo es importante que el monitoreo continúe en la localidad de forma de realizar un diagnóstico más acabado de la calidad del aire con relación al contaminante.

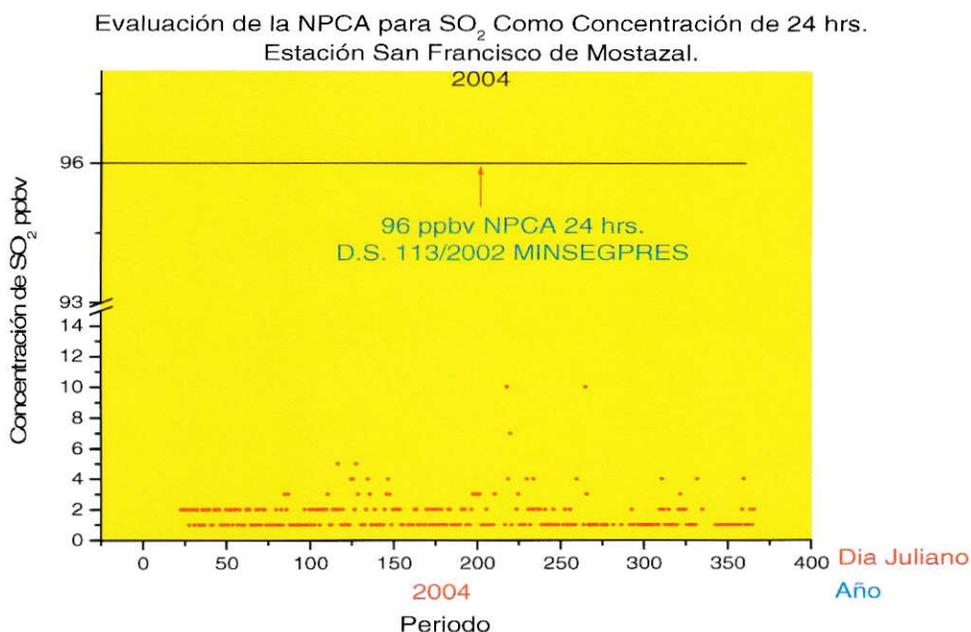


Figura 18: Concentraciones de 24 hrs. para SO₂ Estación Mostazal (2004).

2.2.4 Estación Coltauco

En la estación de Coltauco se calculó el percentil 99 de las concentraciones de 24 hrs. para SO₂ durante el año 2004 estas mediciones comenzaron a efectuarse desde el 10 de marzo del año 2004. En la tabla 17 se aprecia el dato obtenido para el percentil 99 de las concentraciones de 24hrs el cual alcanza un valor de 2 ppbv, el que está por debajo a lo establecido en la NPCA para SO₂ como concentración de 24 hrs., representando un 2% al valor de la normativa (96 ppbv D.S. 113/2002 MINSEGPRES). Sin embargo se necesitan 2 años no calendarios sucesivos mas para verificar el cumplimiento de la NPCA para SO₂ como concentración de 24 hrs. De acuerdo a lo anterior se podrá verificar el cumplimiento de la normativa a partir del 11 de marzo del año 2007. Lo anterior será válido hasta que se disponga de un registro sucesivo de datos de monitoreo

para el gas de 3 años calendarios sucesivos, ya para el 1 de enero del año 2008 se dispondrá de información suficiente para realizar esta validación.

La Figura 19 detalla el comportamiento de las concentraciones de 24 hrs. de SO_2 a lo largo del período analizado, en el gráfico se ve que estas concentraciones son bajas

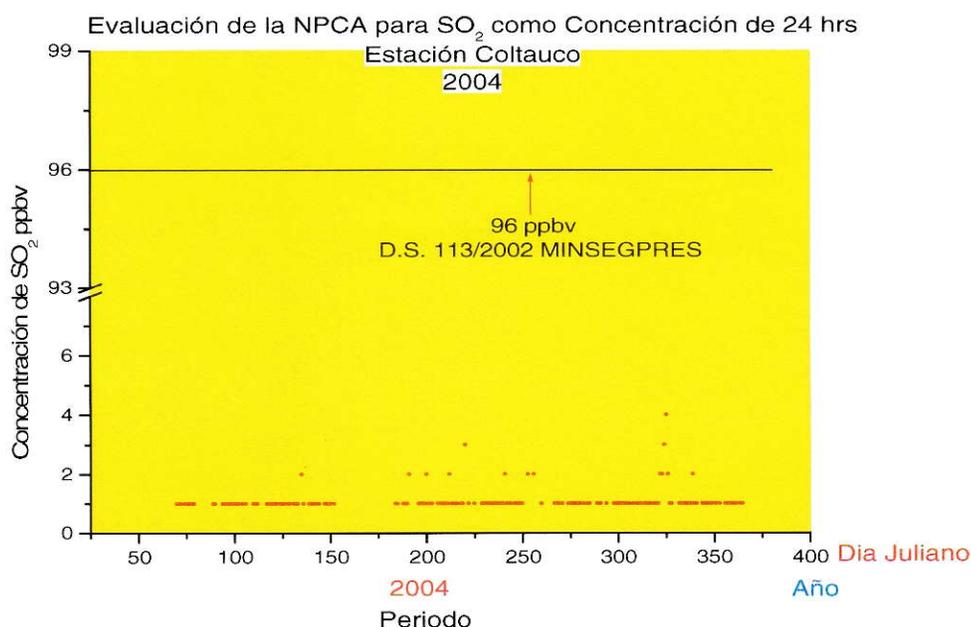


Figura 19: Concentraciones de 24 hrs. para SO_2 Estación Coltauco (2004).

2.2.5 Estación Quinta de Tilcoco

En la estación de Quinta de Tilcoco se calculó el percentil 99 de las concentraciones de 24 hrs. para SO_2 . A partir del día 10 de marzo comenzó el monitoreo de la calidad del aire en esta comuna. La tabla 17 detalla el valor obtenido correspondiente a 5 ppbv para el percentil 99 de las concentraciones de 24 hrs., el dato se encuentra por debajo a lo establecido en la normativa de 96 ppbv D.S. 113/2002 MINSEGPRES (5 % de la norma). Sin embargo se necesitan 2 años no calendarios

sucesivos más para verificar el cumplimiento de la NPCA para SO_2 como concentración de 24 hrs. De acuerdo a lo anterior se podrá verificar el cumplimiento de la normativa a partir del 11 de marzo del año 2007. Lo anterior será válido hasta que se disponga de un registro sucesivo de datos de monitoreo para el gas de 3 años calendarios sucesivos. Ya para el 1 de enero del año 2008 se dispondrá de la información suficiente para realizar esta validación.

La Figura 20 muestra el comportamiento de las concentraciones de 24 hrs. de SO_2 a lo largo del año 2004, en esta se observa que las concentraciones son bajas por lo que el, además la figura no registra un comportamiento estacional del gas, ya que las bajas concentraciones permanecen relativamente constantes a lo largo del año 2004.

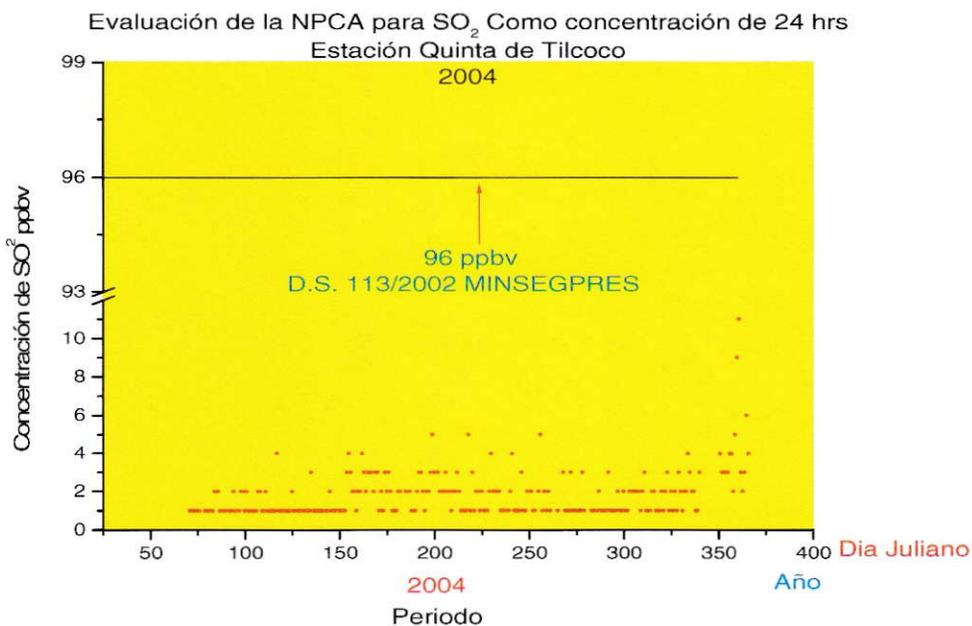


Figura 20: Concentraciones de 24 hrs. para SO_2 Estación Quinta de Tilcoco (2004)

2.3 Evaluación de la Norma primaria de Calidad de aire para Dióxido de Azufre como concentración Anual D.S. 113/2002 MINSEGPRES

2.3.1 Estación Codegua

En la estación de Codegua se determinó la concentración anual de SO₂ para los años 2002, 2003 y 2004 de manera de verificar el cumplimiento de la NPCA como concentración anual. En Anexo tabla 44 y figura 21 se observan las concentraciones anuales calculadas para el diagnóstico, en la esta tabla se aprecia que la NPCA como concentración anual no ha sido sobrepasada en el período analizado, ya que el promedio aritmético de 3 años calendarios sucesivos da un valor de 7 ppbv, valor que se encuentra a 24 unidades de ppbv de alcanzar el límite establecido por la NPCA para SO₂ como concentración anual de 31 ppbv D.S. 113/2002 MINSEGPRES

De la Figura 21 es posible afirmar que las concentraciones anuales de SO₂ han experimentado una notable disminución a lo largo del tiempo, de 16 ppbv durante el año 2002, a 1 ppbv para el año 2004. La importante disminución de la concentración del gas en la atmósfera local de la Comuna de Codegua demuestra una mejor calidad del aire en el sector. Este Descenso significativo es motivado por el plan de descontaminación de la fundición de Caletones, que actúa incluso fuera de la zona saturada.

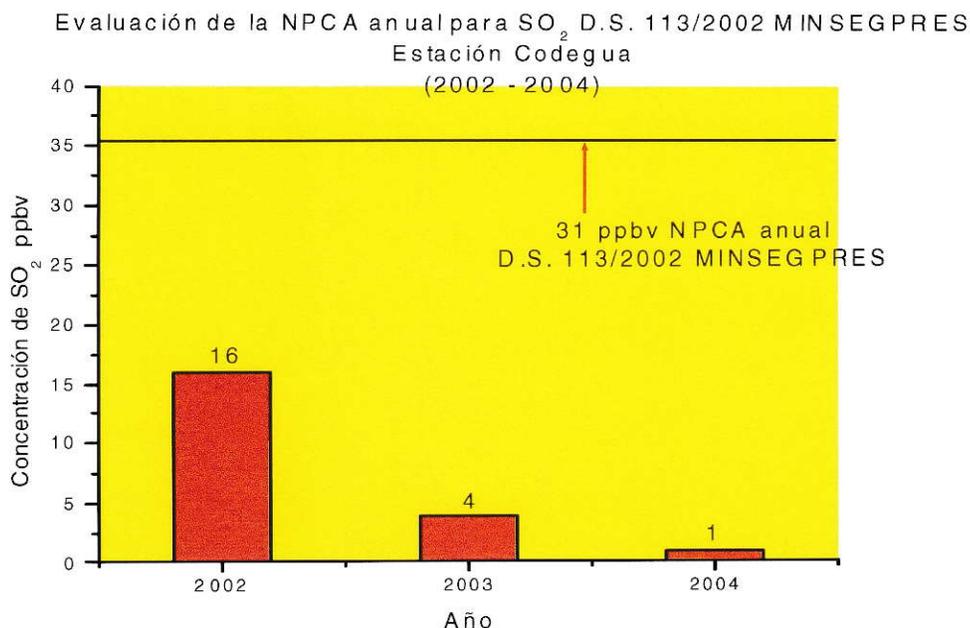


Figura 21: Concentraciones anuales de SO_2 estación Codegua (2002 a 2004)

2.3.2 Estación La Leonera

En la estación La Leonera se determinó la concentración anual de SO_2 para el período comprendido entre abril del 2001 y abril del 2003, o sea dos años no calendarios sucesivos. Con la información disponible no es posible verificar el cumplimiento de la NPCA para SO_2 como concentración anual, ya que se necesita de 1 año más de mediciones, lo que es imposible de lograr debido a que la estación cesó su funcionamiento en este sector en abril del año 2003.

Lo importante de mencionar es que el sector de La Leonera en el período analizado no presentó problemas de superación de la norma primaria anual para SO_2 . En Anexo tabla 45 y Figura 22 se aprecia con claridad las concentraciones calculadas en el diagnóstico. Durante el período 2001-2002 se obtuvo un valor de 6 ppbv (19 % de la

norma) como concentración anual, mientras que para el período 2002-2003 se produjo un leve aumento de la concentración anual calculándose un valor de 10 ppbv (32 % de la norma).

El monitoreo en el sector de La Leonera debería de haber continuado de manera de obtener un análisis mas acabado de la situación del SO₂ en la zona.

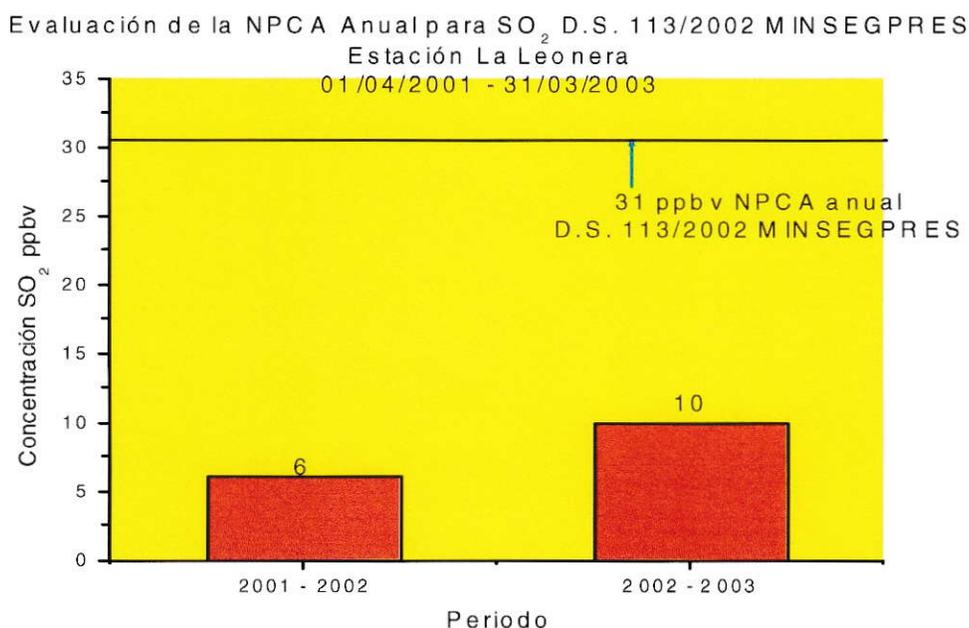


Figura 22: Concentraciones anuales de SO₂ estación La Leonera (2001 a 2003)

2.3.3 Estación San Francisco de Mostazal

En la estación de San Francisco de Mostazal se determinó la concentración anual para el año 2004, año en que comenzó el monitoreo de calidad de aire para el gas, el día 23 de enero, la concentración calculada se detalla en Anexo tabla 46 cuyo valor corresponde a 2 ppbv (6% de la norma), el valor está lejos de superar la NPCA para SO₂ como concentración anual de 31 ppbv D.S. 113/2002 MINSEGPRES, sin embargo se

necesitan de 2 años más para verificar el cumplimiento de la NPCA anual para SO₂, el 24 de enero del año 2007 se dispondrá de la información necesaria para verificar el cumplimiento de la NPCA anual. A contar del 1 de enero del año 2008 se dispondrá de mediciones suficientes para verificar la norma sobre un promedio aritmético de 3 años calendarios sucesivos y validar los datos aquí mostrados.

2.3.4 Estación Coltauco

En la estación de Coltauco se calculó la concentración anual de SO₂ a partir del día 10 de marzo del año 2004, en Anexo Tabla 47 se registra el valor calculado de la concentración anual de SO₂, el dato corresponde a un valor de 1 ppbv (3 % de la norma). La concentración anual de SO₂ en la estación de Coltauco está lejos de superar la NPCA para SO₂ como concentración anual de 31 ppbv D.S. 113/2002 MINSEGPRES, sin embargo se necesitan de 2 años más para verificar el cumplimiento de la NPCA anual para SO₂, el 11 de marzo del año 2007 se dispondrá de la información necesaria para verificar el cumplimiento de la NPCA anual. A contar del 1 de enero del año 2008 se dispondrá de mediciones suficientes para verificar la norma sobre un promedio aritmético de 3 años calendarios sucesivos y validar los datos mostrados en este diagnóstico.

2.3.5 Estación Quinta de Tilcoco

En la estación de Quinta de Tilcoco se calculó la concentración anual de SO₂ a partir del día 10 de marzo del año 2004, día en que comenzó el monitoreo continuo del gas en el sector. En Anexo Tabla 48 se registra el valor de la concentración anual de SO₂ para el año 2004, el dato corresponde a un valor de 2 ppbv (6% de la norma). La

concentración anual de SO₂ en la estación de Quinta de Tilcoco está lejos de superar la NPCA para SO₂ como concentración anual de 31 ppbv D.S. 113/2002 MINSEGPRES, sin embargo se necesitan de 2 años más para verificar el cumplimiento de la NPCA anual para SO₂, el 11 de marzo del año 2007 se dispondrá de la información necesaria para verificar el cumplimiento de la NPCA anual. A contar del 1 de enero del año 2008 se dispondrá de mediciones suficientes para verificar la norma sobre un promedio aritmético de 3 años calendarios sucesivos y validar los datos aquí mostrados.

En la Figura 23 se aprecian las concentraciones anuales de SO₂ para las estaciones de San Francisco de Mostazal; Coltauco y Quinta de Tilcoco, las concentraciones anuales son muy bajas por lo que el SO₂ no representan un problema de contaminación atmosférica local para cada comuna analizada y por ende un problema de Salud para la población de cada una de ellas.

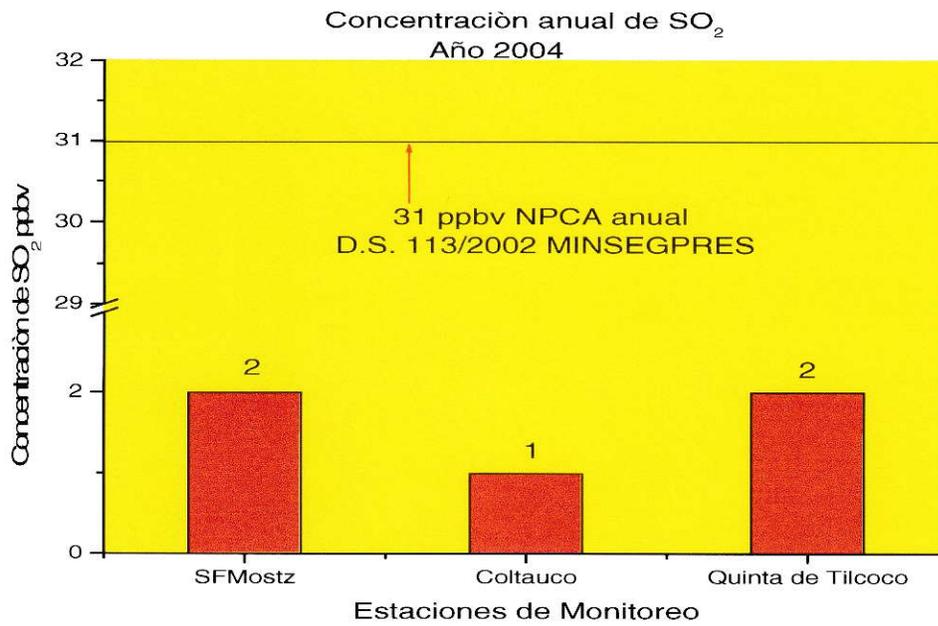


Figura 23: Concentraciones anuales de SO₂ estaciones: Mostazal; Coltauco y Quinta de Tilcoco (2004)

2.4 Evaluación de la Norma Primaria de Calidad de aire para NO₂ como concentración de una hora D.S. 114/2002 MINSEGPRES

2.4.1 Estación Codegua

En la estación de Codegua se evaluó la NPCA para NO₂ como concentración de 1 hora. En la tabla 18 se registra el percentil 99 de los máximos diario de 1 hora calculados para los años 2002, 2003 y 2004. Para el año calendario 2002 se obtuvo un valor de 95 ppbv, valor que se encuentra por debajo de lo establecido en la NPCA como concentración de 1 hr de 213 ppbv D.S. 114/2002 MINSEGPRES. El año 2003 queda invalidado ya que no cumple con los 274 datos mínimos que se requieren para validar el dato, debido a que no existe monitoreo continuo del gas en los meses de mayo, junio y julio. En el año 2004 el dato da un valor de 75 ppbv (35 % de la norma), valor que se encuentra por debajo de lo establecido en la normativa. Por lo tanto para verificar el cumplimiento de la normativa y que estos datos sean válidos se deberá esperar hasta el 1 de enero del año 2007. A la fecha se dispondrá de la información necesaria (promedio aritmético de 3 años calendarios sucesivos) para evaluar el cumplimiento de la norma.

Tabla 18: Evaluación NPCA para NO₂ como concentración de 1 hora (213 ppbv) D.S. 114/2002 MINSEGPRES Estación Codegua (2002 – 2004)

Estación Codegua		
Período	Número de datos válidos	Percentil 99 ppbv
01/01/2002 – 31/12/2002	362	95
01/01/2003 – 31/12/2003	264*	No válido(62)
01/01/2004 – 31/12/2004	321	75
Promedio		No válido(77)

*Año no válido 274 datos como mínimo

En la Figura 24 se aprecia el comportamiento de la Concentración máxima diaria para el período de 1 hora entre los años 2002 a 2004, en este gráfico se observa un

conducta estacional del contaminante, en donde en los períodos fríos de Otoño/Invierno se registran las mayores concentraciones de 1 hr, esto puede ser explicado por la disminución de la capa de inversión térmica que se produce en el valle y que concentra al gas.

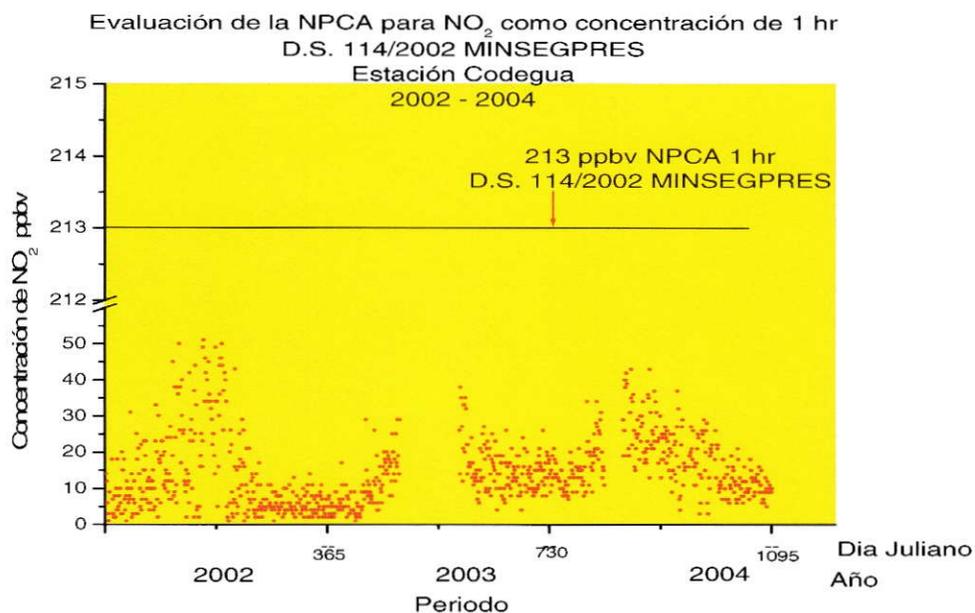


Figura 24: Concentración de NO₂ para el período de 1 hora Estación Codegua (2002 a 2004)

2.4.2 Estación La Leonera

En la estación La Leonera se determinó el percentil 99 de las concentraciones máximas diarias para el período de 1 hora. En la tabla 19 se detallan los percentiles 99 calculados para cada año no calendario. Para el año no calendario comprendido entre el 1 de abril del año 2001 y el 31 de marzo del año 2002 se obtuvo un valor de 19 ppbv (9 % de la norma), este valor se encuentra por debajo a lo establecido en la NPCA para NO₂ como concentración de 1 hr de 213 ppbv D.S. 114/2002 MINSEGPRES. Para el

año no calendario comprendido entre el 1 de abril del año 2002 y el 31 de marzo del año 2003 se determinó un valor de 11 ppbv (5 % de la norma), valor que también se encuentra por debajo a lo establecido en la NPCA. Entonces para poder verificar el cumplimiento de la norma se debería tener un año más no calendario de mediciones, lo que no es posible debido a que las mediciones continuas de monitoreo para NO₂ en La Leonera acabaron el 30 de abril del año 2003, por ello no es posible validar tal información.

Tabla 19: Evaluación NPCA para NO₂ como concentración de 1 hora (213 ppbv) D.S. 114/2002 MINSEGPRES Estación La Leonera (2001 – 2003)

Estación La Leonera		
Periodo	Número de datos válidos	Percentil 99 ppbv
01/04/2001 – 31/03/2002	335	19
01/04/2002 – 31/03/2003	345	11

En la Figura 25 se observa el comportamiento de las concentraciones máximas diarias para NO₂ durante el período de 1 hora, en si estas concentraciones son bajas, además se presenta una leve estacionalidad del gas el cual aumenta su concentración en los periodos fríos, sin embargo las concentraciones no debieran presentar problemas de contaminación en el sector, según la normativa.

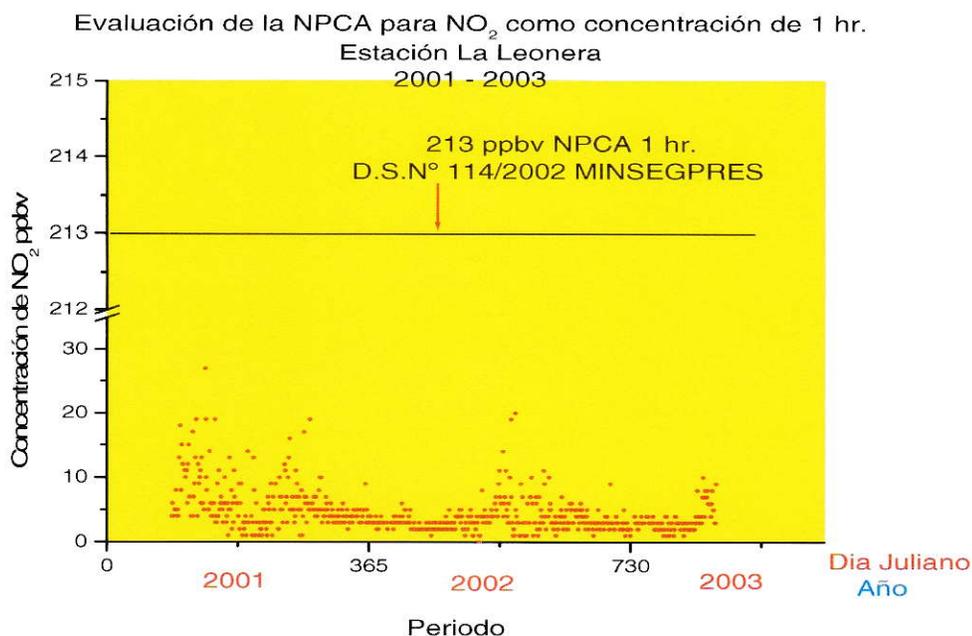


Figura 25: Concentración de NO₂ para el período de 1 hora Estación La Leonera (2001 - 2003)

La tabla 20 detalla la evaluación de la norma primaria de calidad de aire para NO₂ como periodo de 1 hora en las estaciones de Mostazal, Coltauco y Quinta de Tilcoco, durante el año 2004:

Tabla 20: Evaluación NPCA para NO₂ como concentración de 1 hora (213 ppbv) D.S. 114/2002 MINSEGPRES Estaciones Mostazal, Coltauco y Quinta de Tilcoco

NPCA 1 hr. para NO ₂ D.S. 114/2002 MINSEGPRES (213 ppbv)			
Estación	Período	Nº de datos Válidos	Percentil 99 (ppbv)
S. F. Mostazal	23/01/2004 – 31/12/2004	307	50
Coltauco	10/03/2004 – 31/12/2004	296	25
Quinta de Tilcoco	10/03/2004 – 31/12/2004	293	44

2.4.3 Estación San Francisco de Mostazal

En la estación de San Francisco de Mostazal se determinó el percentil 99 de la concentración máxima para el período de 1 hr. El monitoreo comenzó de forma continua

para el gas NO₂ el día 23 de enero del año 2004. En la tabla 20 se registró el percentil 99 el cual alcanza un valor de 50 ppbv, dato que se encuentra por debajo a lo establecido en la NPCA para NO₂ como concentración de 1 hora de 213 ppbv D.S. 114/2002 MINSEGPRES (23 % de la norma). La verificación de la presenta norma podrá efectuarse a partir de el día 24 de enero del año 2007. A contar del 1 de enero del año 2008 se dispondrá de la información suficiente para validar la información mostrada en este diagnóstico y en los cálculos que se realicen con posterioridad.

En la Figura 26 se aprecia el comportamiento de la concentración máxima diaria para el período de 1 hora durante el año 2004, en este gráfico se observan las bajas concentraciones del gas en la Comuna de San Francisco de Mostazal. Para determinar una estacionalidad marcada del contaminante se deben a mi propósito tener más años de monitoreo de manera de realizar un análisis acabado de la situación del contaminante en el sector.

Es de importancia mencionar que el monitoreo deba ser de forma continua y que no existan vacíos de información debido a la falta de datos en algún mes del año, como lo fue el mes de Octubre, en donde no se posee registro de datos.

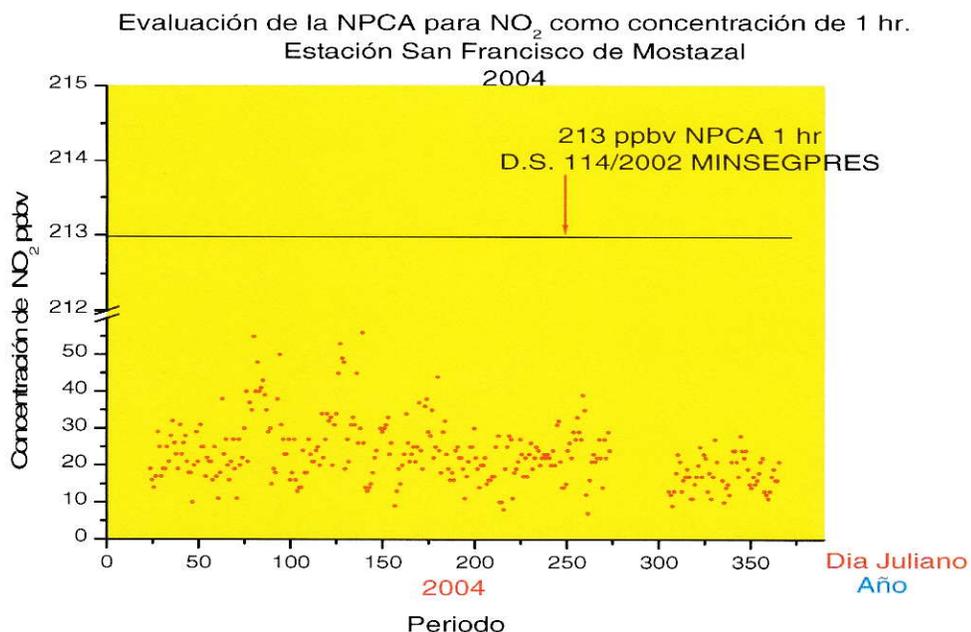


Figura 26: Concentración de NO₂ para el período de 1 hora Estación Mostazal (2004)

2.4.4 Estación Coltauco

En la estación Coltauco se calculó el percentil 99 de las concentraciones máximas diarias para el período de 1 hora. El monitoreo continuo del gas comenzó el día 10 de marzo del año 2004. En la tabla 20 se observa el valor calculado correspondiente a 25 ppbv para el percentil 99, este valor se encuentra por debajo al establecido en la NPCA para NO₂ como concentración de 1 hora de 213 ppbv D.S. 114/2002 MINSEGPRES (12 % de la norma).

Para poder verificar el cumplimiento de la norma se tendrá que disponer de dos años no calendarios sucesivos, por ello para el 11 de marzo del 2007 se dispondrá esta información y realizar la verificación. Los datos mostrados en este diagnóstico y los datos que se obtengan en años posteriores podrán ser válidos a partir del 1 de enero del

año 2008, en esta fecha se dispondrá de 3 años calendarios sucesivos de mediciones y con ello verificar el cumplimiento de la normativa sobre el promedio de estos 3 años.

En relación al NO_2 , la Figura 27 grafica la concentración máxima diaria para el período de 1 hora durante el año 2004, en este gráfico se ve claramente las bajas concentraciones que presentan la atmósfera local de la comuna de Coltauco, además no existe una estacionalidad marcada del contaminante para el año en estudio, a mi entender se deberán poseer mas registros de datos si se quiere inferir detalladamente en este comportamiento. Además el monitoreo debe realizarse de forma continua y que no existan vacíos de datos en los períodos analizados, por ejemplo en la figura 27 faltan los datos correspondientes al mes de Junio del 2004 lo que no debería ser posible si se quiere realizar un diagnóstico acabado de la calidad del aire.

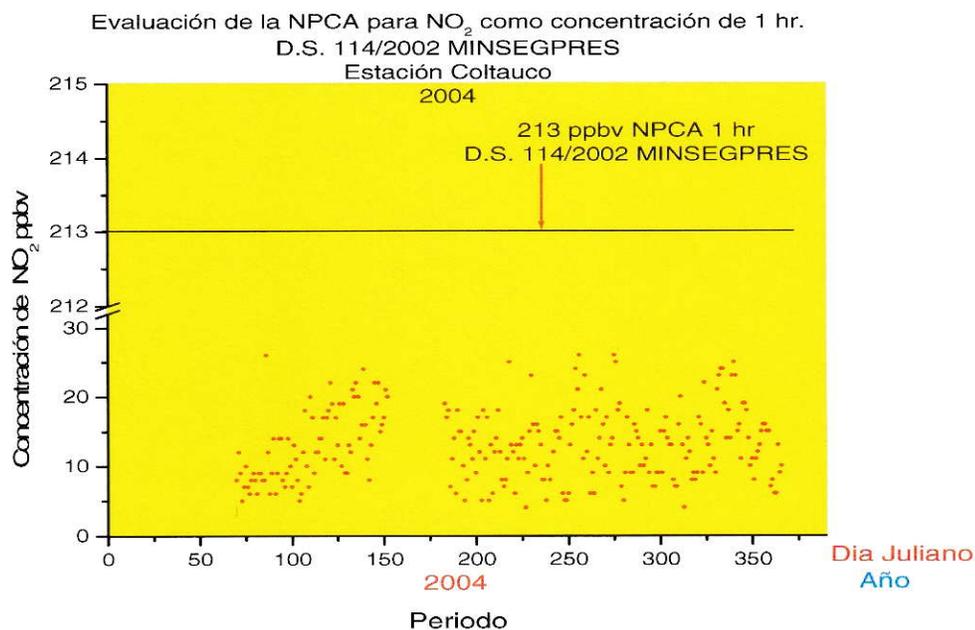


Figura 27: Concentración de NO_2 para el período de 1 hora Estación Coltauco (2004)

2.4.5 Estación Quinta de Tilcoco

En la estación de Quinta de Tilcoco se calculó el percentil 99 de las concentraciones máximas diarias de NO₂ para el período de 1 hora, en la tabla 20 se detalló el dato calculado para el percentil 99, el cual alcanza un valor en concentración de 44 ppbv, este dato está por debajo a lo establecido en la NPCA para NO₂ como concentración de 1 hora de 213 ppbv D.S. 114/2002 MINSEGPRES (21 % de la norma).

Para el 11 de marzo del año 2007, se dispondrá ya de 3 años calendarios no sucesivos, de forma de verificar el cumplimiento de la normativa. Lo anterior será válido hasta que se disponga de un registro sucesivo de 3 años calendarios, o sea para el 1 de enero del año 2008 se dispondrá de la información suficiente para validar los datos mostrados en este diagnóstico y los datos que se obtengan para años posteriores

En la Figura 28 se observa el comportamiento de la concentración máxima diaria para el período de 1 hora, en este gráfico se ve claramente que estas concentraciones son bajas a lo largo del año 2004. En si estas concentraciones son mayores en los períodos fríos de otoño/invierno, disminuyendo con la llegada de la primavera, sin embargo estas diferencias, no son tan extremas para representar una estacionalidad marcada del contaminante a lo largo del año 2004. Es entonces importante que el monitoreo continúe en la localidad para concluir mejor sobre una estacionalidad del contaminante en la comuna.

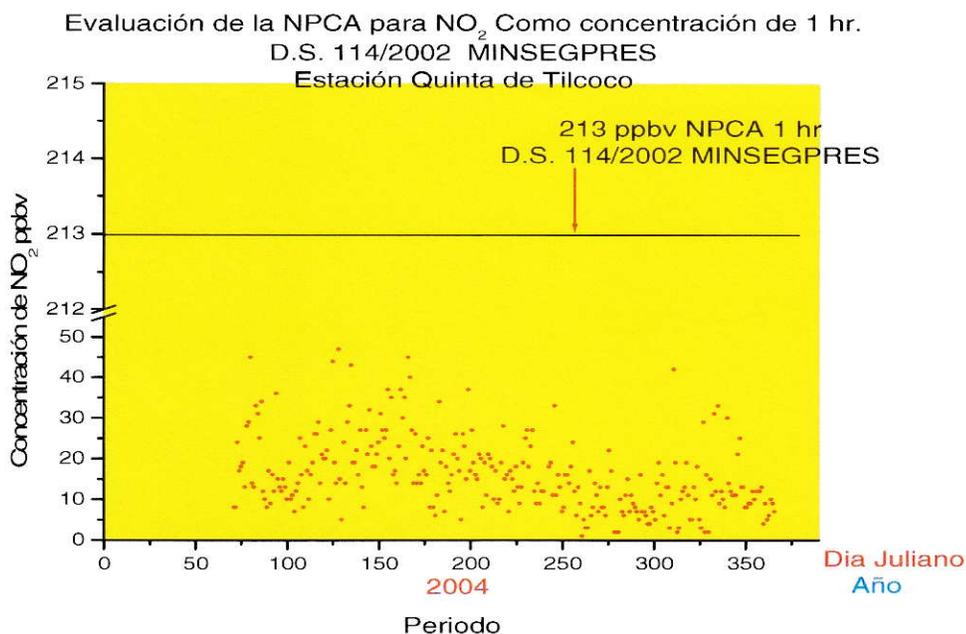


Figura 28: Concentración de NO₂ para el período de 1 hora Estación Quinta de Tilcoco (2004)

2.5 Evaluación de la Norma Primaria de Calidad de aire para NO₂ como Concentración Anual D.S. 114/2002 MINSEGPRES

2.5.1 Estación Codegua

En la estación de Codegua se determinó la Concentración anual de NO₂ para evaluar la NPCA con respecto al NO₂ como concentración anual D.S. 114/2002 MINSEGPRES. En Anexo Tabla 49 se detallan los valores de concentración anual calculados para los años 2002, en donde la concentración anual alcanzó un nivel de 4 ppbv (8 % de la norma), para el año 2003 el dato de concentración anual registró un valor de 3 ppbv, sin embargo este dato queda fuera del análisis debido a que solo se posee el registro de datos para 2 trimestres, con los cuales se estimó el promedio

aritmético, obteniendo esta concentración anual. Mientras que para el año 2004 la concentración anual alcanzó un valor de 6 ppbv (11 % de la norma), valor que se encuentra por debajo a lo establecido en la NPCA para NO₂ como concentración anual de 53 ppbv D.S. 114/2002 MINSEGPRES. Por lo tanto la verificación y validación de los datos para establecer el cumplimiento de la NPCA anual para NO₂, tendrá fecha para el 1 de enero del año 2007, en donde se dispondrá de 3 años calendarios sucesivos, para calcular un promedio aritmético sobre estos 3 años.

La Figura 29 muestra claramente las concentraciones anuales de NO₂ calculadas para el presente diagnóstico, en esta figura las concentraciones anuales de NO₂ son en general bajas y no superan la normativa. Cabe señalar la importancia que tiene poseer registros de datos de monitoreo de calidad del aire sin vacíos para evaluar la normativa correctamente.

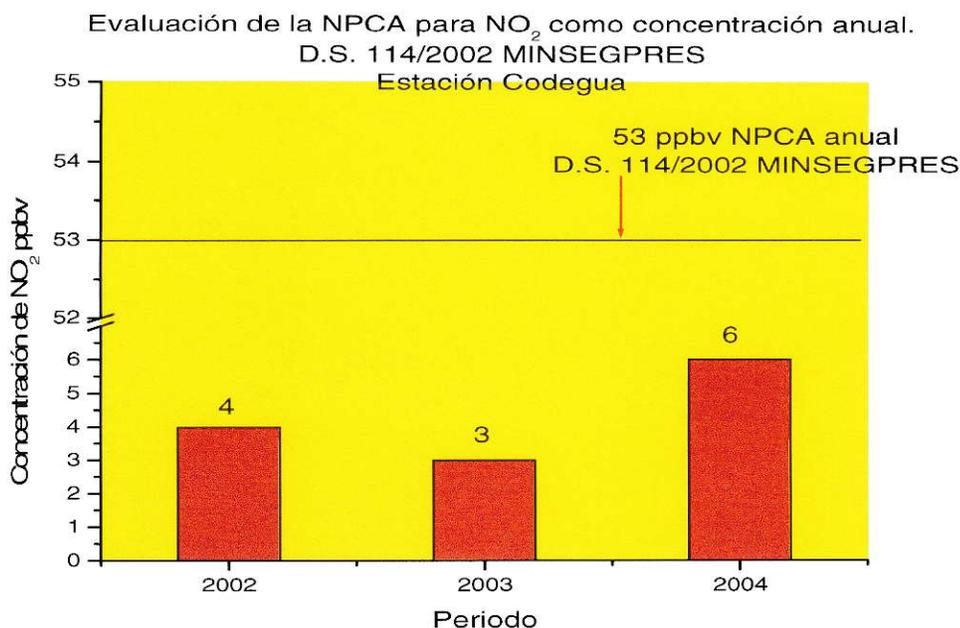


Figura 29: Concentración anual de NO_2 Estación Codegua (2002 a 2004)

2.5.2 Estación La Leonera

En la estación de La Leonera se determinó la concentración anual de NO_2 a partir de 2 años no calendarios sucesivos. En Anexo Tabla 50 se detallan los valores obtenidos de las concentraciones anuales de NO_2 para los años no calendarios sobre los cuales se calculó este valor. Para el año no calendario comprendido entre el 1 de abril del 2001 y el 31 de marzo del 2002, se calculó un valor de concentración anual para NO_2 de 2 ppbv (4 % de la norma), mientras que para el año no calendario comprendido entre el 1 de abril del 2002 y el 31 de marzo del 2003 el valor anual alcanzó una concentración de 1 ppbv (2 % de la norma), ambas concentraciones son relativamente bajas como es posible apreciar en la Figura 30 y están por debajo a lo establecido en la NPCA para NO_2 como concentración anual de 53 ppbv D.S. 114/2002 MINSEGPRES por lo que el NO_2 no

presentó problemas de contaminación atmosférica local en el sector de La Leonera, mientras se mantuvo el monitoreo continuo del gas en la estación. Sin embargo con los datos que se posee registro resulta imposible realizar una verificación y validación de datos, de forma de evaluar el cumplimiento de la NPCA para NO₂ como concentración anual D.S. 114/2002 MINSEGPRES

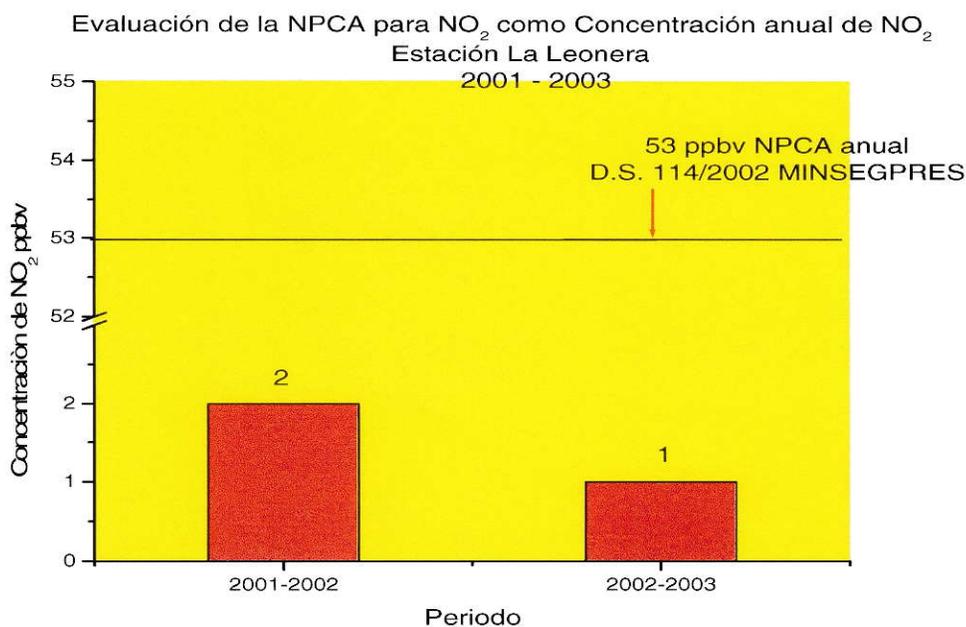


Figura 30: Concentración anual de NO₂ Estación La Leonera (2001 a 2003)

La evaluación de la NPCA para NO₂ como concentración anual D.S. 114/2002 MINSEGPRES para el año 2004 se realizó para un conjunto de estaciones de monitoreo las cuales comenzaron su funcionamiento durante ese año, a continuación se hará referencia a estas estaciones y su situación con las concentraciones anuales de NO₂, según la normativa.

2.5.3 Estación San Francisco de Mostazal

En la estación de San Francisco de Mostazal se inició el monitoreo continuo de NO₂ el día 23 de enero del año 2004. En Anexo Tabla 51 se registra el período analizado y la concentración anual de NO₂ calculada la cual alcanza un valor en concentración de 10 ppbv, valor que se encuentra bajo la NPCA anual de 53 ppbv D.S. 114/2002 MINSEGPRES (19 % de la norma). La verificación de la norma podrá realizarse a cabo a partir del día 24 de enero del año 2007, a la fecha se dispondrá de 3 años no calendarios sucesivos de registro. Lo anterior será válido a partir del 1 de enero del año 2008, a la fecha se dispondrá de 3 años calendarios para evaluar correctamente el cumplimiento de la NPCA anual para NO₂ D.S. 114/2002 MINSEGPRES

2.5.4 Estación Coltauco

En la estación de Coltauco se inició el monitoreo continuo de NO₂ el día 10 de marzo del año 2004. En anexo Tabla 52 se detalla el período analizado y la concentración anual de NO₂ calculada, la cual alcanza un valor en concentración de 5 ppbv, valor que se encuentra bajo la NPCA anual correspondiente a 53 ppbv D.S. 114/2002 MINSEGPRES (9 % de la norma). La verificación de la normativa podrá realizarse a cabo a partir del día 11 de marzo del año 2007, a la fecha se dispondrá de 3 años no calendarios sucesivos de registro. Lo anterior será válido a partir del 1 de enero del año 2008, a la fecha se dispondrá de 3 años calendarios sucesivos para evaluar correctamente el cumplimiento de la NPCA anual para NO₂ D.S. 114/2002 MINSEGPRES

2.5.5 Estación Quinta de Tilcoco

La estación Quinta de Tilcoco inició el monitoreo continuo de NO₂ el día 10 de marzo del año 2004. En Anexo Tabla 53 se muestra el período analizado y la concentración anual de NO₂ calculada, la cual alcanza un valor en concentración de 5 ppbv, valor que se encuentra bajo la NPCA anual de 53 ppbv D.S. 114/2002 MINSEGPRES (9 % de la norma). La verificación de la norma podrá realizarse a cabo a partir del día 11 de marzo del año 2007, a la fecha se dispondrá de 3 años no calendarios sucesivos de registro. Lo anterior será válido a partir del 1 de enero del año 2008, a la fecha se dispondrá de 3 años calendarios sucesivos para evaluar correctamente el cumplimiento de la NPCA anual para NO₂ D.S. 114/2002 MINSEGPRES

En la Figura 31 se observan las concentraciones anuales para las estaciones de San Francisco de Mostazal; Coltauco y Quinta de Tilcoco, en el año 2004, en si estas concentraciones de NO₂, se encuentran bajo la normativa. La estación monitora de Mostazal es la que presenta mayores concentraciones del gas, ello probablemente a la cercanía que tiene esta estación con la ruta 5 sur.

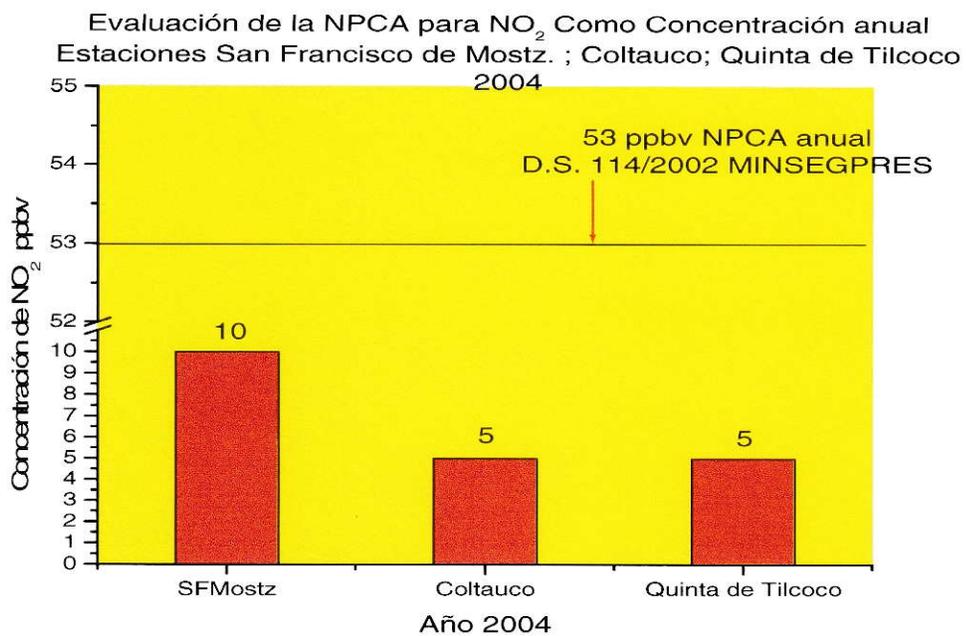


Figura 31: Concentración anual de NO_2 Estaciones: Mostazal; Coltauco y Quinta de Tilcoco (2004)

2.6 Evaluación de la NPCA para MP₁₀ D.S. 59/1998 MINSEGPRES

El monitoreo de MP₁₀ en el valle del Cachapoal se realiza de forma no continua, en el que cada 3 días se registra un valor de medición, el cual representa un promedio en concentración de MP₁₀ a esos 3 días.

A continuación se analizará la situación de este contaminante en las estaciones monitoras de Codegua; La Leonera; San Francisco de Mostazal; Coltauco y Quinta de Tilcoco.

2.7 Evaluación de la NPCA para MP₁₀ como Concentración de 24 hrs. D.S. 59/1998 MINSEGPRES

2.7.1 Estación Codegua

Como se aprecia específicamente en la Tabla 21 y Figura 32 las concentraciones de MP₁₀ en el período analizado comprendido entre los años 2002 a 2004, presentan excedencias a la NPCA en los 3 años, ya que el percentil 98 de la concentración de 24 hrs. es mayor que 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, límite establecido en la norma, en cada año analizado.

Tabla 21: Evaluación de la NPCA como concentración de 24 hrs. (150 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) D.S. 59/1998 MINSEGPRES. Estación Codegua

Percentil 98 MP ₁₀		
Período	Número de datos válidos	Percentil 98 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$
2002	117	160
2003	91	183
2004	110	151

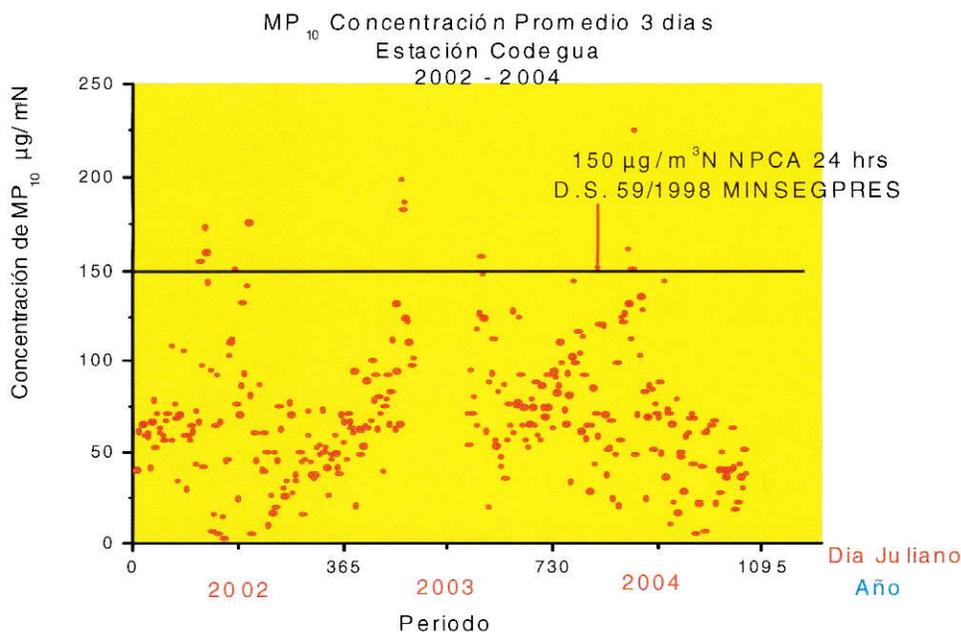


Figura 32: Concentraciones promedio 3 días de MP₁₀ Estación Codegua (2002 a 2004)

A continuación como anteriormente se hizo para la evaluación de esta norma en el caso de las estaciones Coya Club y Coya Pob., en el presente capítulo, se analizará el posible número de excedencias diarias al valor de 150 µg/m³N.

En la tabla 22 se detallan que para el año 2002 se registraron 5 excedencia, el año 2003 4 excedencias, mientras que para el año 2004 las excedencias bajaron a un valor de 3. Estas superaciones se presentaron durante los periodos fríos de Otoño/Invierno en los 3 años analizados marcando una estacionalidad del contaminante en la comuna de Codegua.

Del análisis anterior resulta complicado determinar el número exacto de días en que se superó el valor fijado en la normativa de 150 µg/m³N, de modo de verificar correctamente si se han producido mas de 7 días de superación al valor de 150 µg/m³N,

debido a que el método de medición es de tipo no continuo el cual arroja un valor de concentración que representa un promedio de 3 días y en donde resulta imposible determinar una concentración máxima diaria

Tabla 22: Mediciones promedio de 3 días que sobrepasaron los 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ Estación Codegua (2002 – 2004)

Excedencias al Valor de 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$			
Año	Número de excedencias	Fecha	Concentración $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$
2002	5	22/06/2002	151
		23/04/2002	155
		05/05/2002	160
		02/05/2002	173
		16/07/2002	176
2003	4	26/08/2003	158
		11/04/2003	183
		14/04/2003	187
		08/04/2003	199
2004	3	16/05/2004	151
		07/05/2004	162
		19/05/2004	226

No deja de ser importante pensar que existe una superación de mas de 7 veces en cada uno de los años analizados al valor de 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ y que la norma se esta superando, de esta forma hasta el año 2004. Sin embargo para reafirmar lo anterior se necesita un método de medición que arroje un valor diario de concentración o un método continuo de medición para MP_{10} . Lo anterior también se justifica por la norma ya que: “si en alguna de las estaciones de monitoreo de calidad del aire clasificadas como EMRP, se detectan concentraciones de MP_{10} respirable, mayores que el valor de 195 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ con las mediciones de uno de los métodos no continuos en al menos tres de los días monitoreados en el año calendario; se deberá practicar, en aquellos meses en que se constate dicha superación y para la estación en que se midieron tales concentraciones,

mediciones de monitoreo con frecuencia al menos diaria, o mediciones de monitoreo con métodos del tipo continuo” (D.S. 59/1998 MINSEGPRES). En el año 2003 y 2004 se registraron valores promedios de concentración para 3 días mayores a $195\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ ($199\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ y $226\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ respectivamente) por lo que es válido pensar que en estas fechas existió una situación de alerta ambiental durante 3 días seguidos considerando una concentración constante del contaminante en estos 3 días, y por ello se debería monitorear con una mayor frecuencia, los meses en que se produjo esta situación (abril y mayo).

2.7.2 Estación La Leonera

En la tabla 23 y figura 33 se observa que la NPCA para MP_{10} no ha sido superada en el período analizado, debido a que no existen excedencias al valor de $150\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, en el cálculo del percentil 98. Sin embargo el monitoreo no prosiguió en la zona desde el 30 de abril del 2003 por lo que no es posible realizar un análisis mas profundo del MP_{10} en el sector.

Tabla 23: Evaluación de la NPCA como concentración de 24 hrs. ($150\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) D.S. 59/1998 MINSEGPRES. Estación La Leonera

Percentil 98 MP_{10}		
Período	Nº datos válidos	Percentil 98 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)
Abril 2001 - Abril 2002	114	55
Abril 2002 – Abril 2003	120	58

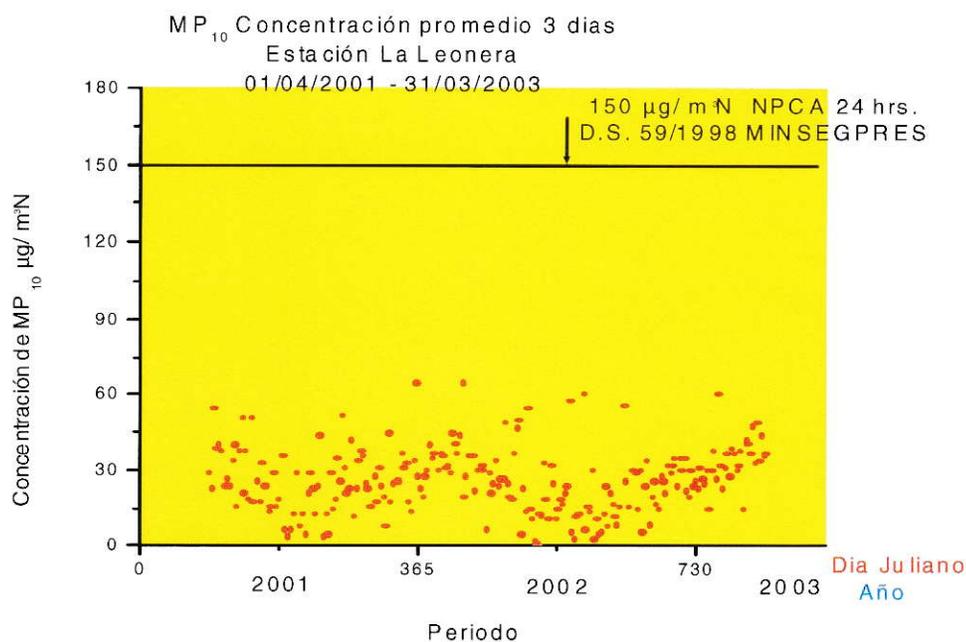


Figura 33: Concentraciones promedio 3 días de MP₁₀ Estación La Leonera (2001 a 2003)

La tabla 24 puntualiza los datos obtenidos para el percentil 98 de la concentración de 24 hrs., referido a las estaciones de San Francisco de Mostazal, Coltauco y Quinta de Tilcoco, durante el año 2004.

Tabla 24: Evaluación de la NPCA como concentración de 24 hrs. ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) D.S. 59/1998 MINSEGPRES. Estaciones Mostazal; Coltauco y Quinta de Tilcoco. Año 2004

Percentil 98 MP ₁₀ año 2004		
Estación	Nº datos válidos	Percentil 98 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)
Mostazal	105	152
Coltauco	78	158
Quinta de Tilcoco	78	122

2.7.3 Estación San Francisco de Mostazal

En la tabla 24 se observa que el dato del percentil 98 supera en 2 unidades de $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ al límite establecido de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. Por lo que la norma como concentración de 24 hrs., se esta superando en esta estación. Viéndolo por el número de excedencias, diarias al valor $150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, resulta difícil comprobar que existan un número mayor de 7 excedencias diarias en el año 2004 al ser el método de medición para MP_{10} no continuo. Sin embargo si se piensa en el peor de los casos y se supone que la concentración máxima diaria se mantuvo constante durante los 3 días de mediciones tendríamos un número de 9 excedencias diarias para el año 2004 al valor de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (ver tabla 25). En el caso de superación al valor de $195 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, establecido en la norma, se registra un valor de superación para el día 30 de noviembre del año 2004 correspondiente a $233 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, si nuevamente nos colocamos en el peor de los casos y la concentración se mantuvo a un nivel constante durante los 3 días, se justifica que para el mes de noviembre en los años siguientes se ocupe un método de medición más frecuente que obtenga por lo menos un valor diario o un método continuo de medición que arroje valores horarios de medición.

Tabla 25: Mediciones promedio de 3 días que sobrepasaron los $150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ Estación Mostazal (2004)

Excedencias al Valor de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$			
Año	Número de excedencias	Fecha	Concentración $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$
2004	3	24/11/2004	152
		27/11/2004	156
		30/11/2004	233

La Figura 34 describe el comportamiento de las concentraciones promedios de 3 días, en ella se observa que estas concentraciones aumentan en valor entre los meses de mayo a junio, marcando una estacionalidad del contaminante en este período frío del año. Sin embargo para referirse con una mayor claridad sobre este comportamiento es necesario poseer el registro de datos de más años.

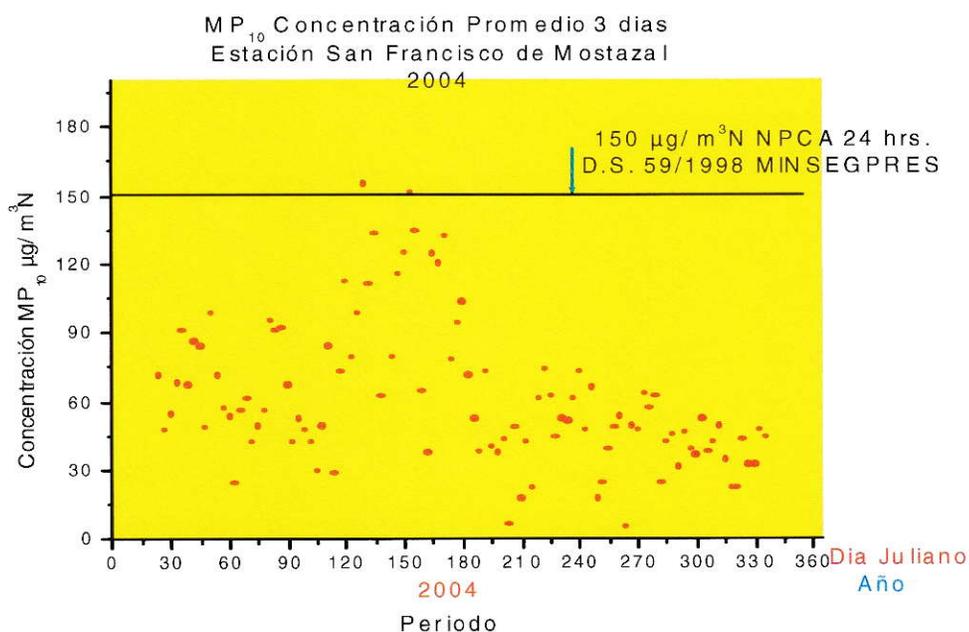


Figura 34: Concentraciones promedio 3 días de MP₁₀ Estación Mostaza (2004)

2.7.4 Estación Coltauco

En la tabla 24 el dato calculado para el percentil 98 corresponde a 158 µg/m³N, valor que supera en 8 unidades de µg/m³N, al fijado en el cuerpo legal, por lo que es posible afirmar que durante el año de medición 2004 la NPCA para MP₁₀ como concentración de 24 hrs. se superó.

En cuanto al número de excedencias diarias al valor de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ se tiene que: al no existir un método de medición más frecuente o de tipo continuo resulta difícil establecer si se ha superado un número mayor de 7 veces el valor de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. En el peor de los casos existiría una superación diaria de 9 veces durante el año 2004 a los $150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ establecidos en la norma (ver tabla 26). Además existe una superación al valor de $195 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ para el día 14 de mayo del año 2004, por ende en el peor de los escenarios si esta concentración se mantuvo constante durante los 3 días en que se realizó la medición se debería aplicar un método de medición frecuente para el mes de mayo en los años venideros. Un método más frecuente o continuo de medición resulta indispensable si se quiere realizar un análisis más fino de la situación del MP_{10} en la comuna de Coltauco. Además si se pretende instalar una Central termoeléctrica en las cercanías de la localidad se hace más urgente esta petición como forma de prevenir problemas de contaminación por MP_{10} en la población de la comuna de Coltauco

Tabla 26: Mediciones promedio de 3 días que sobrepasaron los $150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ Estación Coltauco (2004)

Excedencias al Valor de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$			
Año	Número de excedencias	Fecha	Concentración $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$
2004	3	02/09/2004	158
		17/05/2004	189
		14/05/2004	214

En la Figura 35 se aprecia que las concentraciones promedio de 3 días aumentan considerablemente durante el mes de abril, para el mes de mayo se constatan las mayores concentraciones promedio de 3 días, para los meses siguientes se observa una leve disminución en las concentraciones de MP_{10} para el año 2004.

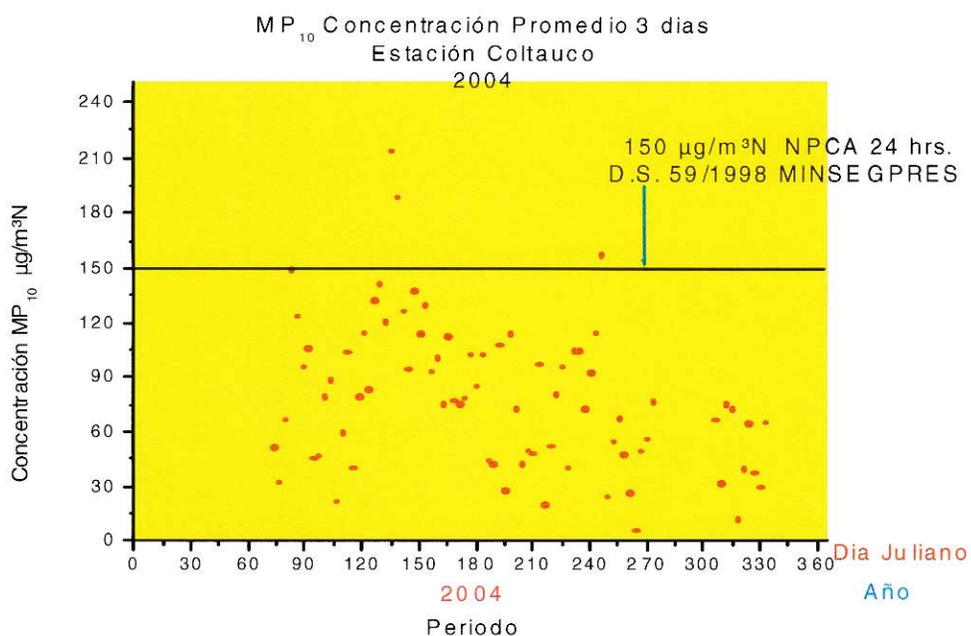


Figura 35: Concentraciones promedio 3 días de MP₁₀ Estación Coltauco (2004)

2.7.5 Estación Quinta de Tilcoco

En la tabla 24 se detalló el percentil 98 de la concentración de 24 hrs., correspondiente a $122 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, el dato corresponde a un 81 % al límite establecido en la normativa, con este porcentaje es posible afirmar una situación de latencia del contaminante en la localidad, sin embargo la norma no fue superada durante el año 2004.

En la tabla 27 y Figura 36 se aprecian las superaciones al valor de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ establecido en la NPCA para MP₁₀ mediante un método no continuo de medición, que obtiene un valor de medición cada 3 días. En estas se observa que no existe superación a la NPCA para MP₁₀, debido a que aunque se piense en el peor de los casos las

excedencias diarias al valor de $150\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ durante el año 2004 solo llegarían a un número de 6

Según la norma tampoco se debiera establecer un método de medición más frecuente o continuo, debido a que en ningún caso en el año 2004 se superó el valor de $195\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ durante un período de 3 días. Sin embargo al igual que en el caso de la estación monitorea de Coltauco si se pretende instalar una central termoeléctrica de ciclo combinado en las cercanías de la localidad de Quinta de Tilcoco se recomienda que se realice o adopte un método mas frecuente de medición con el objetivo primordial de proteger la salud de la población aledaña al proyecto.

Tabla 27: Mediciones promedio de 3 días que sobrepasaron los $150\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ Estación Quinta de Tilcoco (2004)

Excedencias al Valor de $150\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$			
Año	Número de excedencias	Fecha	Concentración $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$
2004	2	17/05/2004	167
		14/05/2004	178

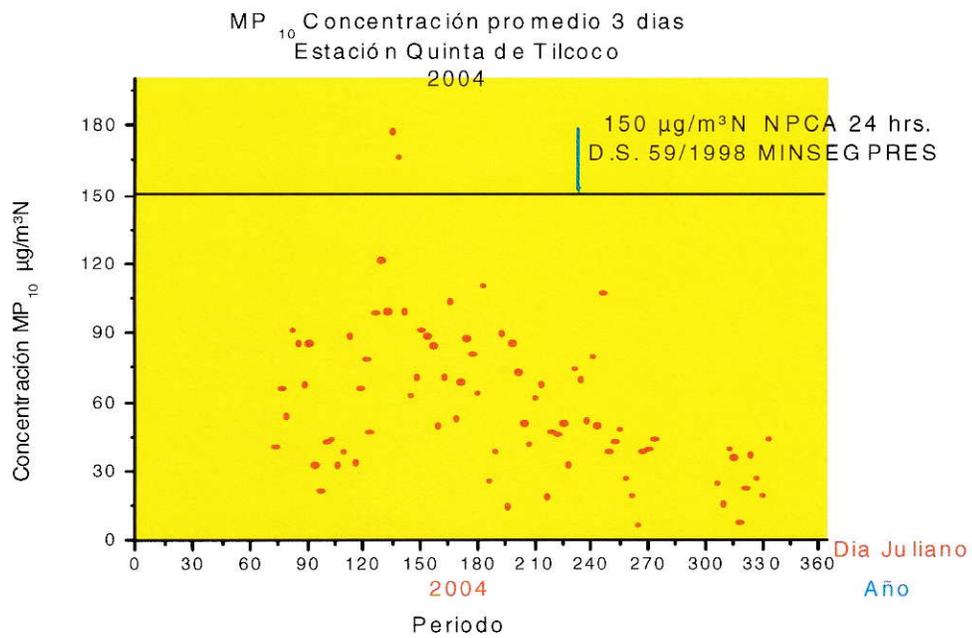


Figura 36: Concentraciones promedio 3 días de MP₁₀ Estación Quinta de Tilcoco (2004)

2.8 Evaluación de la NPCA para MP₁₀ como Concentración anual D.S. 59/1998 MINSEGPRES

2.8.1 Estación Codegua

En la estación de Codegua se calculó la concentración anual de MP₁₀ para el período comprendido entre los años 2002 a 2004, como se aprecia en Anexo Tabla 54 y Figura 37 las concentraciones anuales para cada uno de los años analizados presentan un valor de concentración superior al establecido en la Norma, de igual manera al obtener el promedio aritmético de 3 años calendarios consecutivos, se registra un valor de 74 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, por lo tanto la NPCA para MP₁₀ ha sido sobrepasada en la estación de Codegua. Con la superación de la normativa se constata que el MP₁₀ representa un problema para la salud de las personas de la localidad de Codegua y que existe una saturación de acuerdo a la norma anual por material particulado respirable.

Evaluación de la NPCA para MP₁₀ Como Concentración anual
D.S. 59/1998 MINSEGPRES
Estación Codegua
2002 - 2004

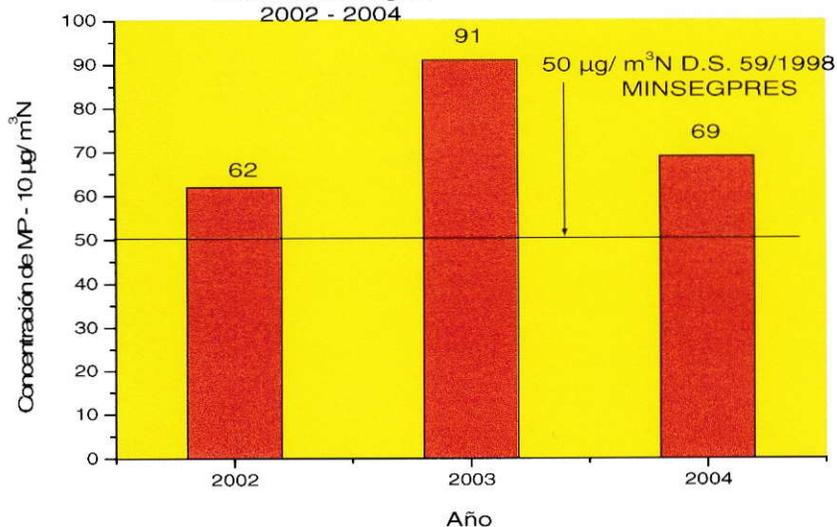


Figura 37: Concentración anual de MP₁₀ Estación Codegua (2002 a 2004)

2.8.2 Estación La Leonera

En la estación La Leonera se dispuso del registro de 2 años no calendarios sucesivos, las concentraciones anuales se observan detalladamente en Anexo Tabla 55 y Figura 38 las concentraciones anuales calculadas no exceden el valor de la NPCA de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ D.S. 59/1998 MINSEGPRES en ningún período analizado, de lo anterior es posible mencionar que el MP_{10} no representó un problema de contaminación ni peligro para la salud de la población de La Leonera, mientras se mantuvo el monitoreo no continuo de MP_{10} , sin embargo no se dispone del registro de datos de 3 años calendarios sucesivos para verificar el cumplimiento de la normativa

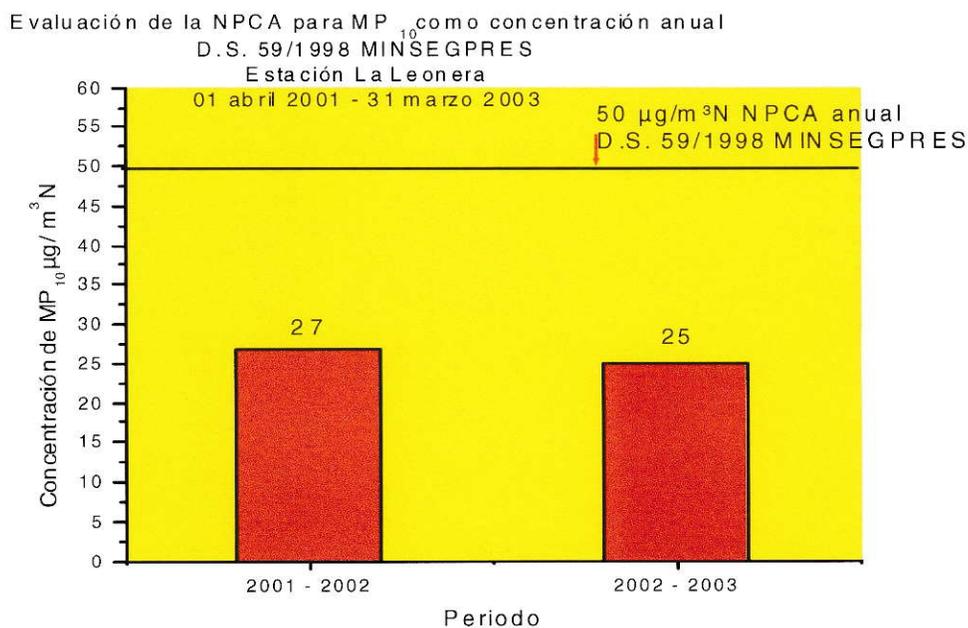


Figura 38: Concentración anual de MP_{10} Estación La Leonera (2001 a 2003)

2.8.3 Estaciones San Francisco de Mostazal; Coltauco y Quinta de Tilcoco

El caso de las Concentraciones anuales de las estaciones monitoras ubicadas en las comunas de: San Francisco de Mostazal; Coltauco y Quinta de Tilcoco se analizó en conjunto debido a que estas 3 estaciones iniciaron el monitoreo no continuo de MP_{10} durante el año 2004. Como se aprecia detalladamente en Anexo Tabla 56 y Figura 39 las concentraciones anuales de MP_{10} superan el valor establecido por la NPCA de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ D.S. 59/1998 MINSEGPRES durante el año 2004. Al observar la Figura 39 se ve que la estación de Coltauco excede en 30 unidades de $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ al valor establecido en la normativa, siendo entonces la estación monitora de Coltauco la que presenta la mayor excedencia, le sigue la estación de San Francisco de Mostazal cuyas concentración anual medida corresponde a un valor mayor a 14 unidades al establecido en la normativa. Finalmente tenemos el caso de la estación de quinta de Tilcoco en la cual se obtuvo un valor de $60 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ valor que excede en 10 unidades de $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ al establecido en la norma anual para MP_{10} . Estas concentraciones si prosiguen en el tiempo representan potencialmente un efecto adverso a la salud de las personas, debido a esto las autoridades deben poner especial énfasis en la situación del MP_{10} en estas localidades.

Sin embargo se debe poseer del registro de mediciones de 3 años calendarios sucesivos para verificar el cumplimiento de la normativa. Lo anterior será efectivo para el día 1 de enero del año 2008 a la fecha ya se dispondrá de la información suficiente para realizar la verificación, por ello se hace necesario que el monitoreo de MP_{10} continúe en las comunas mencionadas

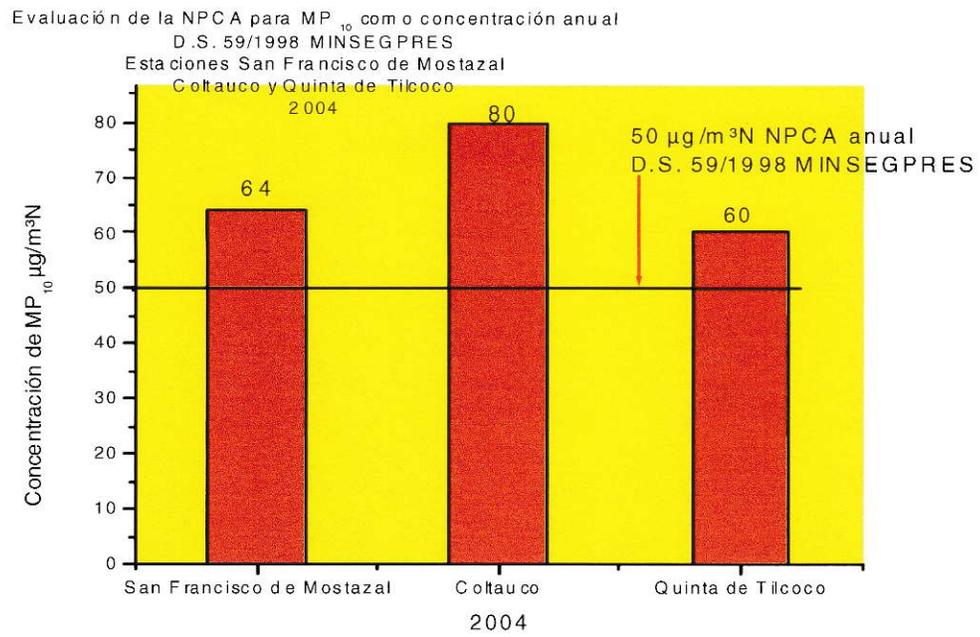


Figura 39: Concentración anual de MP_{10} Estaciones Mostazal; Coltauco y Quinta de Tilcoco (2004)

CAPITULO IV: CONDICIONES METEOROLÓGICAS Y OZONO EN EL VALLE DEL CACHAPOAL

1 Antecedentes

El análisis de las variables meteorológicas; Humedad relativa (Hr), Temperatura (T°), velocidad y dirección del viento se realizó para las estaciones monitoras de las comunas de Codegua y San Francisco de Mostazal, en relación a las concentraciones diarias máximas de ozono, debido a que este gas, representa potencialmente un problema de contaminación en el valle. En el caso del material particulado respirable el análisis no es posible realizarlo por que el monitoreo de las partículas no es de forma continua y no es posible relacionar concentraciones diarias máximas con estas variables meteorológicas.

En el anexo meteorología tablas 57; 58 y 59 se hace una breve referencia a valores mínimos, promedios y máximos de 1 hora durante el año 2004 referido a la velocidad del viento, Humedad relativa y Temperatura ambiental para las estaciones del valle del Cachapoal.

1.1 Temperatura Ambiental y Concentraciones máximas de Ozono

El aumento de la temperatura favorece generalmente la cinética de las reacciones que dan lugar a la formación de ozono. En la Figura 40, se aprecia la directa correlación que existe entre la temperatura en la máxima concentración diaria de ozono con el respectivo máximo diario de ozono para las estación de (a) Codegua en el período

comprendido entre los años 2002 a 2004 y en la estación de (b) Mostazal durante el año 2004 respectivamente. Las figuras detallan una correlación positiva entre temperatura y concentración de Ozono. A bajas temperaturas entre los 0 y 15 °C, caso que se presenta en los períodos fríos de Otoño/Invierno no se evidencia un efecto significativo del aumento de la temperatura en relación a un incremento en la concentración de Ozono, este comportamiento es de esperar debido a que en estos períodos fríos las condiciones para la formación del gas son desfavorables. A temperaturas mayores que 15 °C correspondiente a los períodos cálidos de Primavera/verano el efecto es significativo, debido a que “el incremento de la agitación térmica hace al NO₂ más susceptible a la fotodisociación, lo que sumado a la alta intensidad solar favorece el proceso de formación de ozono. Además un aumento de la temperatura incrementa las tasas de emisión evaporativas de los precursores de ozono.” (Raúl G.E. Morales S, Manuel A. Leiva G.,2005)

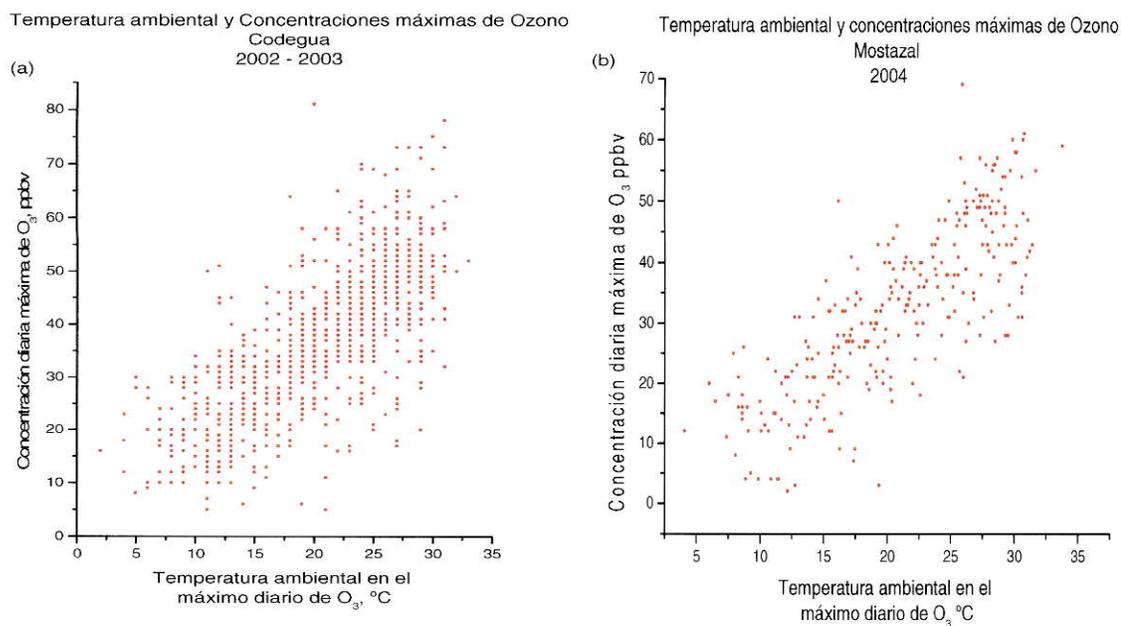


Figura 40: Temperatura superficial en el máximo de concentraciones de ozono y el máximo diario de ozono Estación Codegua (a) entre los años 2002 a 2004 y Estación Mostazal (b) año 2004

1.2 Humedad Relativa y Concentraciones máximas de Ozono

El vapor de agua que se encuentra en la atmósfera participa en los ciclos de formación y destrucción de Ozono. En la Figura 41 se aprecia el porcentaje de Humedad relativa superficial (%HR) en el máximo diario de las concentraciones de ozono versus el máximo diario de ozono para las estaciones de (a) Codegua entre los años 2002 a 2004 y (b) Mostazal durante el año 2004 respectivamente. En ambas figuras es posible apreciar una correlación inversa entre los datos, es decir, que a menor %HR mayor resulta ser la concentración de ozono. En los períodos fríos de Otoño/Invierno cuando existe un alto %HR el efecto es moderado, siendo los máximos diarios de concentración

de ozono menores, debido a que la formación de ozono se ve desfavorecida en estos periodos

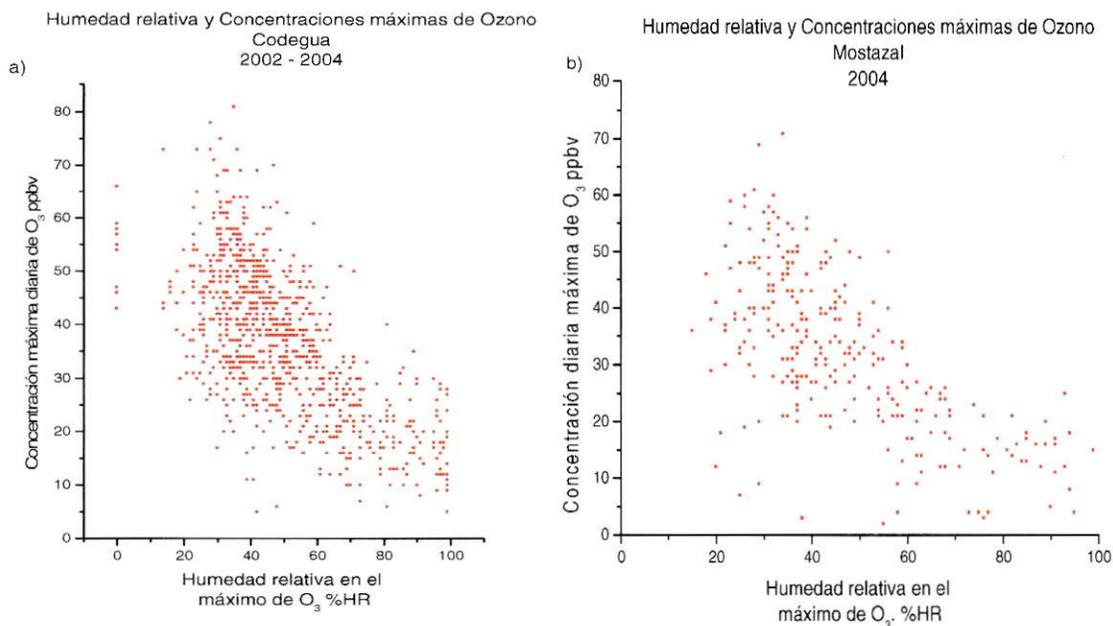


Figura 41: Porcentaje de humedad relativa superficial en el máximo diario de las concentraciones de ozono v/s el máximo diario de ozono. Estación (a) Codegua período 2002 a 2004 y Estación Mostazal (b) año 2004

1.3 Velocidad y dirección del viento y concentraciones máximas de Ozono

La velocidad y la dirección del viento actúan en la distribución espacial y temporal de los contaminantes, influyendo en el transporte y recirculación de los contaminantes.

“En general en la región el comportamiento de la velocidad del viento, referido a los periodos cálidos presenta que la costa ventila muy bien, con velocidades de vientos altas tales como 6 m/s, mientras que en los valles interiores las velocidades son bastante

más bajas, y están en promedio entre 1.7 m/s a 2,4 m/s en casi todo el valle Central. En los períodos fríos dado que en ocasiones se verifican condiciones de ventilación desfavorable, atribuibles a una estabilidad de la atmósfera se han verificado velocidades promedio diarias de vientos muy bajas por ejemplo en la estación de Mostazal de 0,5 m/s durante el mes de mayo, sin embargo cuando en el valle azotan frentes de mal tiempo con lluvia sumado a un viento del norte, las velocidades son bastante altas y permiten una buena dispersión de los contaminantes.” (CONAMA VI Región, 2005)

En la Figura 42, se aprecia el efecto de la velocidad y dirección del viento en la concentración de ozono, en las estaciones de (a,c) Codegua y (b,d) Mostazal. En ambas estaciones (figura 42 a y b) el comportamiento de la velocidad del viento, con respecto a las concentraciones diarias máximas de ozono, no deja muy en claro una situación de dispersión o concentración del gas debido a un incremento o disminución de la velocidad del viento, como ocurriría en una situación normal. Es posible que con un análisis mas detallado y considerando mas años de monitoreo este comportamiento pudiese ser aclarado. En cuanto al efecto de la dirección del viento, se puede apreciar en la estación de Codegua que los máximos diarios de concentración corresponden con una componente de viento proveniente mayoritariamente del NE, (figura 42, c), o sea vientos provenientes de la región Metropolitana, que podría explicar las concentraciones obtenidas, no es de menospreciar las concentraciones cuando la componente proviene del SE.

En la estación de San Francisco de Mostazal, se puede apreciar que la dirección del viento en el máximo diario de concentración se corresponde mayoritariamente con una componente de vientos SE, (figura 42 d), “los cuales son vientos provenientes de las

zonas urbanas ubicadas mas al sur de la localidad, que podrían transportar el gas, desde esos lugares” (CONAMA VI Región)

En adelante se tendrá que poner un mayor énfasis entre la concentración de ozono y el régimen de vientos en el valle del Cachapoal, considerando los precursores de ozono (NO_x y COVs), para poder identificar el transporte del contaminante en la atmósfera del valle.

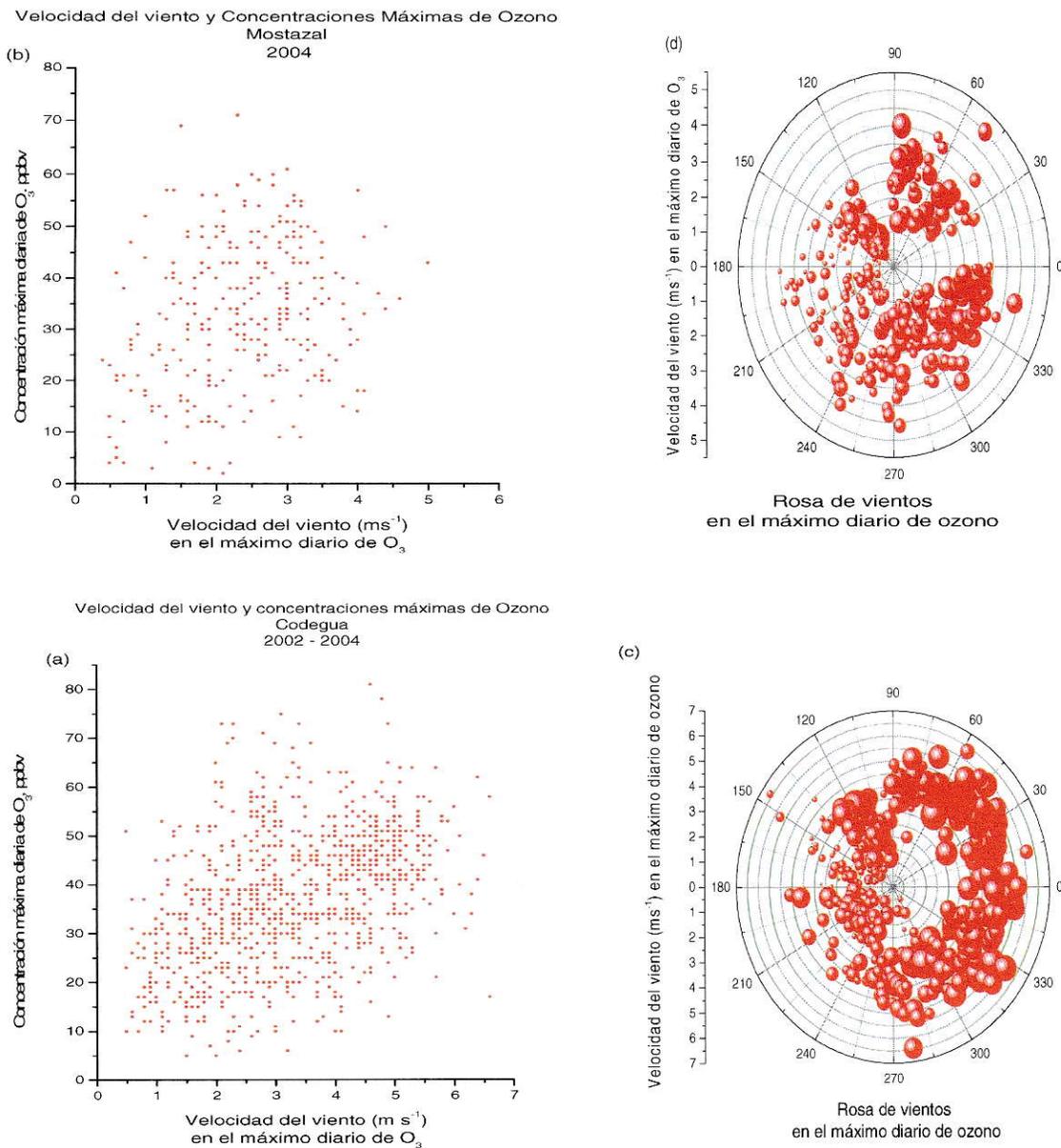


Figura 42: velocidad del viento y rosa de vientos en el máximo diario de las concentraciones de ozono v/s máximo diario de ozono para las estaciones de (a,c) Codegua entre los años 2002 a 2004 y (b,d) Mostazal durante el año 2004

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

El plan de descontaminación detallado en el D.S. N° 081/1998 MINSEGPRES, de acuerdo a la información analizada hasta el año 2003, ha cumplido su objetivo dado que se ha verificado el cumplimiento de la norma primaria de calidad del aire para SO₂, para períodos anuales y diarios según D.S. N° 113/2002 MINSEGPRES, el mismo caso se tiene al dar cumplimiento de la norma anual y horaria secundaria para SO₂ según D.S. N° 185/1991 MINMINERÍA.

Coya Población es la estación de verificación de la NPCA para SO₂ ya que es una estación acreditada como EMRPG, en ella se demostró que las excedencias en el período analizado han sido nulas, por lo que se concluye que no debe existir un riesgo para la salud de las personas en el sector de la Coya población en relación al contaminante SO₂, debido a que la normas vigentes en el país para SO₂ no han sido superadas hasta el año 2003.

La estación ubicada en el sector de Sewell, es la que presenta los mayores problemas de contaminación por SO₂, las concentraciones del contaminante se encuentran en niveles muy superiores a los establecidos en la NPCA para SO₂ tanto para períodos de 24 hrs. como para períodos anuales D.S. 113/2002 MINSEGPRES. Sin embargo la estación solo sirve para acreditar la superación de la NPCA, pues no se encuentra establecida como EMRPG SO₂, ya que en el sector por la aplicación del plan de descontaminación 081/1998 MINSEGPRES se trasladó a la población que ahí habitaba a sectores libres de contaminación.

Las estaciones de Cauquenes y Cipreses, las cuales están registradas para el control de las normas secundarias de calidad de aire (NSCA), no presentan problemas de contaminación por SO_2 , debido a que se cumplen las NSCA para SO_2 en el sector norte D.S. 185/1991 MINMINERÍA, en gran parte del período analizado. Para el último año analizado correspondiente al 2003 la normativa ha sido cumplida, por ende los recursos silvoagropecuarios y ecosistemas del sector se encontraron protegidos de la amenaza del SO_2 .

En el caso del material particulado respirable (MP_{10}), se ha verificado el cumplimiento de la norma primaria diaria de calidad del aire según D.S. N° 59/1998 MINSEGPRES, para la normativa como período de 24 hrs. El alcance hecho en este punto es que como no se presenta superación a la normativa, no debiera existir un monitoreo de mayor frecuencia en la zona, sin embargo para realizar un análisis más fino del contaminante se debe poseer un monitoreo diario o de tipo continuo en el sector. En relación al promedio anual para el período 2001-2003 las concentraciones ambientales se encuentran sobre el 80% de la norma en la localidad de Coya Población, lo que se traduce en una condición de latencia anual para el contaminante señalado. Dado que el comportamiento de este contaminante, no refleja un sustantivo decaimiento de las concentraciones ambientales, en oposición a la reducción de emisiones a la cual estuvo sujeta la Fundición de Caletones, de acuerdo al cronograma de reducción de emisiones establecido en el “D.S. N° 081/1998 MINSEGPRES”, es probable concluir que en la localidad Poblada de Coya, donde se verifican asentamientos humanos, existirían otras fuentes asociadas a levantamiento de polvo y quema de combustibles para calefacción doméstica, que estarían colaborando a establecer la zona en una calidad

de latencia para las concentraciones promedio anuales del material particulado respirable.

. Con los antecedentes anteriores se afirma que el plan de descontaminación entorno a la fundición de Caletones ha resultado ser eficiente en las estaciones de Coya Población y Coya Club de Campo ya que para el año 2001 y en adelante se ha logrado cumplir con el objetivo de no superar la NPCA para MP_{10} D.S. 59/1998 MINSEGPRES.

En el resto del Valle fuera de la zona aledaña a Caletones encontramos que las concentraciones de O_3 evaluadas según el D.S. 112/2002 MINSEGPRES, en las estaciones de monitoreo de calidad del aire del Cachapoal, se encuentran en un nivel de latencia en el último período de análisis, a excepción de la estación de Coltauco la que presenta un 75 % en concentración al nivel impuesto por la normativa de 61 ppbv. Por ello es posible afirmar que el problema de latencia por ozono troposférico afecta a una cuenca de aire en general, correspondiente al valle del Cachapoal.

En el diagnóstico se observa una estacionalidad marcada del O_3 , en los períodos cálidos de Primavera/Verano, en donde el ozono aumenta de concentración a niveles considerables. La estacionalidad en estas fechas es común debido a que el O_3 es un contaminante secundario formado a base de una reacción fotoquímica.

El O_3 troposférico es uno de los contaminantes con mayores niveles de concentración en comparación con los gases SO_2 y NO_2 analizados en el trabajo, por ello las autoridades deben poner especial énfasis en este gas como forma de prevenir problemas a futuro en la salud de la población de cada uno de los sectores monitoreados y en la cuenca en general

El SO₂ no presenta problemas de superación a la normativa D.S. 113/2002 MINSEGPRES como concentración de 24 hrs. y como concentración anual, en ninguno de los períodos analizados en las estaciones de monitoreo de calidad de aire. Las concentraciones del gas son bajas en el valle, por ello no debieran existir problemas en la salud de la población a causa del contaminante. El SO₂ entonces puede declararse como un contaminante en retirada en la VI región.

Las concentraciones del gas NO₂ evaluadas según el D.S. 114/2002 MINSEGPRES como concentración de 1 hora y concentración anual, son bajas en las estaciones monitoras, no se presentan excedencias a la normativa en ninguno de los períodos analizados y en algunas estaciones como la de Codegua es posible observar un comportamiento estacional del contaminante el cual aumenta sus concentraciones en los períodos fríos de Otoño/Invierno. De todas maneras estas concentraciones son bajas y están lejos de presentar problemas a la salud de la población de las comunas monitoreadas.

Las autoridades al ver que el NO₂ se presenta en la VI región en bajas concentraciones debieran solo tener un mecanismo de control en el tiempo para visualizar cambios en este contaminante, en especial dada la demanda energética por instalaciones de centrales termoeléctricas en la región, las cuales son generadoras de grandes emisiones de NO_x.

La situación del MP₁₀ en el Valle del Cachapoal es el siguiente: es el contaminante que presenta problemas de contaminación en la región y con un monitoreo no continuo que entregue un valor de concentración cada 3 días, resulta difícil distinguir un comportamiento diario de concentraciones para MP₁₀ y por ello no es posible

distinguir un valor máximo en cada día que se ha monitoreado. Sin embargo la normativa se evalúa calculando el percentil 98 de las concentraciones registradas por este método no continuo de medición, en el trabajo encontramos que: la estación de Codegua supero el límite de $150\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, durante los 3 años analizados. ($160\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ /2002; $183\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ /2003; $151\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ /2004.); las estaciones de Mostazal y Coltauco también presentaron superación a la norma con valores de $152\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ y $158\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, respectivamente; La Leonera y Quinta de Tilcoco no presentaron excedencia a la norma en los años de análisis, esta última registró niveles de latencia del contaminante al obtenerse un 81 % ($122\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) en concentración en relación al nivel límite de $150\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.

Además se estimó si han existido en mas de 7 días superaciones al nivel de $150\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (para declarar la zona saturada por MP_{10}) o en 3 días al nivel de $195\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (para acreditar que se necesita un monitoreo continuo en determinados meses), colocándose en el peor de los escenarios posibles de contaminación, con resultados estimados que recomiendan un monitoreo mas frecuente, que entregue un dato diario o un monitoreo continuo que arroje valores horarios de concentración de MP_{10} y evaluar la NPCA como concentración de 24 hrs. de forma más detallada.

Las concentraciones registradas por el método no continuo de medición, presentan una estacionalidad marcada en los períodos fríos Otoño/Invierno en la mayoría de las estaciones de monitoreo, en estas estaciones en determinadas fechas la concentración de MP_{10} alcanza niveles que se encuentran por sobre el valor de los $150\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.

En cuanto a la evaluación de la NPCA para MP_{10} como concentración anual, se concluye que esta norma está siendo superada en la estación de Codegua entre los años 2002 a 2004 de acuerdo al promedio aritmético de los 3 años de $71 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, con este dato se confirma que la zona se encuentra saturada por MP_{10} representando un problema serio para la salud de la población del sector.

Las estaciones de San Francisco de Mostazal, Coltauco y Quinta de Tilcoco, presentan superación al valor establecido por la NPCA para MP_{10} como concentración anual durante el año 2004, sin embargo se necesitan de más períodos de medición (3 años calendario) para verificar el cumplimiento o no de la normativa, sin embargo como estas concentraciones anuales son tan altas, dejan un margen muy estrecho para los años venideros, con el objetivo de cumplir con la normativa. Proyectándose a futuro en el mejor de los casos se tendrá una condición de latencia y en el peor de ellos una condición de saturación, ya que es poco probable a corto plazo disminuir las concentraciones a un nivel menor que la norma, por ello las autoridades debieran implementar un sistema de gestión para reducir las concentraciones del contaminante, como por ejemplo la recuperación de áreas verdes, reforestando, pavimentando caminos o la disminución del uso de leña para calefacción en los hogares.

Es importante que durante los períodos de mediciones no existan vacíos de datos, debido a fallas en los equipos o en el sistema de adquisición de datos ya que en la mayoría de los casos no se pudo validar y evaluar el cumplimiento de la normativa para los contaminantes abordados en el diagnóstico. Por ello se hace necesario que el monitoreo continúe en el valle del Cachapoal, de forma que en fechas posteriores se pueda validar la información entregada por las estaciones monitoras y evaluar

correctamente el cumplimiento de las NPCA. En el caso de la estación La Leonera hubiese sido interesante que el monitoreo continuase de forma de tener un diagnóstico mas acabado de los contaminantes atmosféricos analizados en el presente estudio

En relación a las variables meteorológicas como la temperatura ambiental y la humedad relativa con los máximos diarios de concentración de ozono se concluye que: son las esperadas para la época del año y la zona geográfica en las estaciones de Codegua y Mostazal. En este aspecto se registró que a altas temperaturas y baja humedad relativa, situación que se refleja en los períodos cálidos, esta íntegramente relacionado con un aumento de la concentración diaria máxima de ozono, mientras que en los períodos fríos esta situación se ve desfavorecida. En cuanto a la velocidad del viento, no queda muy claro su relación con la dispersión del gas en las estaciones de Codegua y Mostazal, pudiese ser que con un mayor numero de años de monitoreo esta situación se lograra aclarar. En general falta en si un análisis más detallado de las variables meteorológicas en el diagnóstico, con respecto al total de las estaciones monitoras del valle, con ello se podrá conectar mejor el comportamiento de los contaminantes con estas variables en la totalidad del Valle del Cachapoal. Cabe recomendar que el monitoreo de los parámetros meteorológicos debiera hacerse en forma completa en las estaciones de Coltauco y Quinta de Tilcoco.

REFERENCIAS

AES GENER. (2001) Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Central Termoeléctrica Monte Lorenzo

COLBÚN S.A. 8 (2001) Estudio de Impacto Ambiental y Addendas del Proyecto Central Termoeléctrico la Candelaria

CONAMA. (1997 – 1998) Estudio diagnóstico de la calidad de aire para Rancagua.

CONAMA. (1997 - 2003) Informes de Fiscalización y Control del Plan de Descontaminación de Caletones

CONAMA - COSUDE. (1997 - 2000) Estudio de Calidad de Aire en Regiones Urbano Industriales de Chile.

CONAMA – CENMA (2004) Informe Avance III Resultados mediciones de calidad de aire en Temuco, Rancagua y Viña del Mar

Decreto Supremo N° 185/1991 Ministerio de Minería

Decreto Supremo N° 174/1994 MINSEGPRES

Decreto Supremo N° 30, N°93/1995, MINSEGPRES

Decreto Supremo N° 59/1998 MINSEGPRES

Decreto Supremo N° 081/1998 MINSEGPRES

Decreto Supremo N° 112/2002, 113/2002, 114/2002 MINSEGPRES

<http://www.conama.cl>

<http://www.gobiernoregional.regiondeO'higgins.cl>

<http://www.epa.gov>. USEPA (United States Environmental Protection Agency)

Informe OCDE/ CEPAL (2005) Evaluación del Desempeño Ambiental Chile

Kadowaki S. “On the nature of atmospheric oxidation processes of SO₂ to sulfate and of NO₂ to nitrate on the basis of journal variations of sulfate, nitrate, and other pollutant in a urban area” (1986)

Kuhns H. y col., (2003); Stockwell W.R. y col., (2003)

Ley 19300 (2000)

Préndez, M. and Ortiz, J. (1989), "Atmospheric pollution by fractionated particulate matter of Santiago, Chile". *Man and his Ecosystem*, Amsterdam, 3, 575-580

Raúl G.E. Morales S y Manuel A. Leiva G. (2005) Contaminación por Ozono. Distribuciones focales y temporales en la ciudad de Santiago. Capítulo 6

RESOLUCIÓN 1215/78 MINSAL

Rivero O., y col. "Contaminación atmosférica y enfermedad respiratoria" (1993)

Samet J.M. y col., "Health effects and sources of indoor air pollution" (1987)

Sandoval H (2002) Manual de aplicación de Normas de Calidad del aire para gases

Sandoval H., Préndez M. y Ulriksen P. 1993. "Contaminación Atmosférica de Santiago, Estado Actual y Soluciones". Capítulos 5, 6 y 9.

CAPITULO VI

ANEXOS

1.1 Anexo Tablas

1.1.1 Anhídrido Sulfuroso

1.1.1.1 Estación Coya Club

Tabla Anexo 28: verificación de la NPCA para SO₂ como concentración de 24 hrs. (96 ppbv) D.S.113/2002 MINSEGPRES Estación Coya Club (1de Enero 2000 – 31de diciembre 2002)

Período	Número datos válidos	Percentil 99 conc. de 24 hrs (µg/ m ³ N)	Percentil 99 conc. de 24 hrs (ppbv)
1º Ene 2000- 31Dic 2000	361	829	317
1º Ene 2001- 31Dic 2001	364	456	174
1º Ene 2002- 31Dic 2002	362	365	139
Promedio		550	210

Supera Norma 250 µg/m³N o 96 ppbv D.S.113/2002 MINSEGPRES

Tabla Anexo 29: verificación NPCA para SO₂ como concentración anual (31ppbv) D.S.113/2002 MINSEGPRES Estación Coya Club (1de Enero 2000 – 31 de diciembre 2002)

Período	Número datos válidos (trimestres)	Concentración anual (µg/ m ³ N)	Concentración anual (ppbv)
1º Ene 2000- 31Dic 2000	4	149	57
1º Ene 2001- 31Dic 2001	4	66	25
1º Ene 2002- 31Dic 2002	4	63	24
Promedio		93	36

Supera Norma 1^{ra} anual 80µg/m³N o 31 ppbv

Tabla Anexo 30: control NPCA para SO₂ como concentración anual (31ppbv) D.S.113/2002 MINSEGPRES 1º Enero 2001 – 31 diciembre 2003 Estación Coya Club

Período	Número datos válidos (trimestres)	Concentración anual (µg/ m ³ N)	Concentración anual (ppbv)
1º Ene 2001- 31 Dic. 2001	4	66	25
1º Ene 2002- 31 Dic. 2002	4	63	24
1º Ene 2003- 31 Dic. 2003	4	35	13
Promedio		55	21

1.1.1.2 Estación Coya Población

Tabla Anexo 31: verificación NPCA para SO₂ como concentración de 24 hrs. (96 ppbv) D.S. 113/2002 MINSEGPRES Estación Coya Población (1de Enero 2000 – 31de diciembre 2002)

Período	Número datos válidos	Percentil 99 conc. de 24 hrs (µg/ m ³ N)	Percentil 99 conc. de 24 hrs (ppbv)
1° Ene 2000- 31Dic 2000	363	204	78
1° Ene 2001- 31Dic 2001	357	186	71
1° Ene 2002- 31Dic 2002	362	109	42
Promedio		166	63

Tabla Anexo 32; verificación NPCA para SO₂ como concentración anual (31ppbv) D.S.113/2002 MINSEGPRES Estación Coya Población (1de Enero 2000 – 31de diciembre 2002)

Período	Número datos válidos (trimestres)	Concentración anual (ug/ m ³ N)	Concentración anual (ppbv)
1° Ene 2000- 31Dic 2000	4	27	10
1° Ene 2001- 31Dic 2001	4	20	8
1° Ene 2002- 31Dic 2002	4	17	7
Promedio		21	8

Tabla Anexo 33: verificación NPCA para SO₂ como concentración anual (31ppbv) D.S.113/2002 MINSEGPRES 1° Enero 2001 – 31 diciembre 2003 Estación Coya Población

Período	Número datos válidos (trimestres)	Concentración anual (µg/ m ³ N)	Concentración anual (ppbv)
1° Ene 2001- 31 Dic. 2001	4	20	8
1° Ene 2002- 31 Dic. 2002	4	17	7
1° Ene 2003- 31 Dic. 2003	4	10	4
Promedio		16	6

1.1.1.3 Estación Rancagua

Tabla Anexo 34: verificación NPCA para SO₂ como concentración de 24 hrs.(96 ppbv) D.S.113/2002 MINSEGPRES Estación Rancagua (1de Enero 2000 – 31 de diciembre 2002)

Período	Número datos válidos	Percentil 99 conc. de 24 hrs (µg/ m ³ N)	Percentil 99 conc. de 24 hrs (ppbv)
1° Ene 2000- 31Dic 2000	365	40	15
1° Ene 2001- 31Dic 2001	363	14	5
1° Ene 2002- 31Dic 2002	365	17	7
Promedio		24	9

Tabla Anexo 35: verificación NPCA para SO₂ como concentración anual (31ppbv) D.S.113/2002 MINSEGPRES Estación Rancagua (1° Enero 2000 – 31 diciembre 2002)

Período	Número datos válidos	Concentración anual (µg/ m ³ N)	Concentración anual (ppbv)
1° Ene 2000- 31Dic 2000	4	5	2
1° Ene 2001- 31Dic 2001	4	3	1
1° Ene 2002- 31Dic 2002	4	3	1
Promedio		4	1

Tabla Anexo 36: verificación NPCA para SO₂ como concentración anual (31ppbv) D.S.113/2002 MINSEGPRES 1° Enero 2001 – 31 diciembre 2003 Estación Rancagua

Período	Número datos válidos	Concentración anual (µg/ m ³ N)	Concentración anual (ppbv)
1° Ene 2001- 31 Dic. 2001	4	3	1
1° Ene 2002- 31 Dic. 2002	4	3	1
1° Ene 2003- 31 Dic. 2003	4	3	1
Promedio		2	1

1.1.1.4 Estación Sewell

Tabla Anexo 37: verificación NPCA para SO₂ como concentración de 24 hrs. (96 ppbv) D.S.113/2002 MINSEGPRES Estación Sewell (1 de Enero 2000 – 31 de diciembre 2002)

Período	Número datos válidos	Percentil 99 conc. de 24 hrs (ug/ m ³ N)	Percentil 99 conc. de 24 hrs (ppbv)
1° Ene 2000- 31Dic 2000	365	4369	1669
1° Ene 2001- 31Dic 2001	354	2328	889
1° Ene 2002- 31Dic 2002	364	2482	948
Promedio		3060	1169

Supera Norma 250 µg/m³N 96 ppbv D.S.113/2002 MINSEGPRES

Tabla Anexo 38: verificación NPCA para SO₂ como concentración anual (31 ppbv) D.S.113/2002 MINSEGPRES Estación Sewell (1de Enero 2000 – 31de diciembre 2002)

Período	Número datos válidos	Concentración anual (ug/ m ³ N)	Concentración anual (ppbv)
1° Ene 2000- 31Dic 2000	4	1562	597
1° Ene 2001- 31Dic 2001	4	801	306
1° Ene 2002- 31Dic 2002	4	601	230
Promedio		988	377

Supera NPCA anual 80µg/m³N o 31 ppbv D.S.113/2002 MINSEGPRES

Tabla Anexo 39: verificación NPCA para SO₂ como concentración anual (31 ppbv) D.S.113/2002 MINSEGPRES 1° Enero 2001 – 31 diciembre 2003 Estación Sewell

Período	Número datos válidos	Concentración anual (µg/ m ³ N)	Concentración anual (ppbv)
1° Ene 2001- 31 Dic 2001	4	801	306
1° Ene 2002- 31 Dic 2002	4	601	230
1° Ene 2003- 31 Dic 2003	4	608	232
Promedio		670	256

1.1.1.5 Estaciones Cauquenes y Cipreses

Tabla Anexo 40: Análisis de norma secundaria anual norte para SO₂ (31 ppbv) D.S. 185/1991 Estaciones Cauquenes y Cipreses

Año	Cauquenes Promedio anual ppbv	Cipreses Promedio anual ppbv
2000	19	15
2001	5	5
2002	5	5
2003	3	2

1.1.2 Evaluación de la NPCA para MP₁₀ D.S 59/1998 MINSEGPRES

1.1.2.1 Estaciones Coya Club y Coya Población.

Tabla Anexo 41: Evaluación de la NPCA como concentración anual para MP₁₀(50 µg/m³N) D.S. N° 59/1998 MINSEGPRES Estaciones Coya Club y Coya Población. (2001)

	Estación Año 2001	
	Coya Club	Coya Pob.
Promedio Anual µg/m ³ N	27	43
N° de datos válidos	111	113

Tabla Anexo 42: Evaluación de la NPCA como concentración anual para MP₁₀(50 µg/m³N) D.S. N° 59/1998 MINSEGPRES Estaciones Coya Club y Coya Población. (2002)

	Estación Año 2002	
	Coya Club	Coya Pob.
Promedio Anual µg/m ³ N	25	41
N° de datos válidos	116	111

Tabla Anexo 43: Evaluación de la NPCA como concentración anual para MP₁₀(50 µg/m³N) D.S. N° 59/1998 MINSEGPRES Estaciones Coya Club y Coya Población. (2003)

	Estación Año 2003	
	Coya Club	Coya Pob.
Promedio Anual µg/m ³ N	26	47
N° de datos válidos	107	106

1.1.3 Evaluación de la Norma primaria de Calidad de aire para Dióxido de Azufre como concentración Anual D.S. 113/2002 MINSEGPRES

1.1.3.1 Estación Codegua

Tabla Anexo 44: Evaluación NPCA para SO₂ como concentración anual (31 ppbv) D.S. 113/2002 MINSEGPRES Estación Codegua (2002 – 2004)

Estación Codegua		
Período	Número de Trimestres válidos	Concentración anual ppbv
01/01/2002 – 31/12/2002	4	16
01/01/2003 – 31/12/2003	2	4
01/01/2004 – 31/12/2004	4	1
Promedio		7

1.1.3.2 Estación La Leonera

Tabla Anexo 45: Evaluación NPCA para SO₂ como concentración anual (31 ppbv) D.S. 113/2002 MINSEGPRES Estación La Leonera (2001 – 2003)

Estación La Leonera		
Período	Número de Trimestres válidos	Concentración anual ppbv
01/04/2001 – 31/03/2002	4	6
01/04/2002 – 31/03/2003	4	10

1.1.3.3 Estación San Francisco de Mostazal

Tabla Anexo 46: Evaluación NPCA para SO₂ como concentración anual (31 ppbv) D.S. 113/2002 MINSEGPRES Estación Mostazal (2004)

Estación San Francisco de Mostazal		
Período	Número de Trimestres válidos	Concentración anual ppbv
23/01/2004 – 31/12/2004	4	2

1.1.3.4 Estación Coltauco

Tabla Anexo 47: Evaluación NPCA para SO₂ como concentración anual (31 ppbv) D.S. 113/2002 MINSEGPRES Estación Coltauco (2004)

Estación Coltauco		
Período	Número de Trimestres válidos	Concentración anual ppbv
10/03/2004 – 31/12/2004	3	1

1.1.3.5 Estación Quinta de Tilcoco

Tabla Anexo 48: Evaluación NPCA para SO₂ como concentración anual (31 ppbv) D.S. 113/2002 MINSEGPRES Estación Quinta de Tilcoco (2004)

Estación Quinta de Tilcoco		
Período	Número de Trimestres válidos	Concentración anual ppbv
10/03/2004 – 31/12/2004	3	2

1.1.4 Evaluación de la Norma Primaria de Calidad de aire para NO₂ como Concentración Anual D.S. 114/2002 MINSEGPRES

1.1.4.1 Estación Codegua

Tabla Anexo 49: Evaluación NPCA para NO₂ como concentración anual (53 ppbv) D.S. 114/2002 MINSEGPRES Estación Codegua (2002 – 2004)

Estación Codegua		
Período	Número de Trimestres válidos	Concentración anual ppbv
01/01/2002 – 31/12/2002	4	4
01/01/2003 – 31/12/2003	2	No válido(3)
01/01/2004 – 31/12/2004	4	6
Promedio		No válido (4)

1.1.4.2 Estación La Leonera

Tabla Anexo 50: Evaluación NPCA para NO₂ como concentración anual (53 ppbv) D.S. 114/2002 MINSEGPRES Estación La Leonera (2001 – 2003)

Estación La Leonera		
Período	Número de Trimestres válidos	Concentración anual ppbv
01/04/2001 – 31/03/2002	4	2
01/04/2002 – 31/03/2003	4	1

1.1.4.3 Estación San Francisco de Mostazal

Tabla Anexo 51: Evaluación NPCA para NO₂ como concentración anual (53 ppbv) D.S. 114/2002 MINSEGPRES Estación Mostazal (2004)

Estación San Francisco de Mostazal		
Período	Número de Trimestres válidos	Concentración anual ppbv
23/01/2004 – 31/12/2004	3	10

1.1.4.4 Estación Coltauco

Tabla Anexo 52: Evaluación NPCA para NO₂ como concentración anual (53 ppbv) D.S. 114/2002 MINSEGPRES Estación Coltauco (2004)

Estación Coltauco		
Período	Número de Trimestres válidos	Concentración anual ppbv
10/03/2004 – 31/12/2004	2	5

1.1.4.5 Estación Quinta de Tilcoco

Tabla Anexo 53: Evaluación NPCA para NO₂ como concentración anual (53 ppbv) D.S. 114/2002 MINSEGPRES Estación Quinta de Tilcoco (2004)

Estación Quinta de Tilcoco		
Período	Número de Trimestres válidos	Concentración anual ppbv
10/03/2004 – 31/12/2004	3	5

1.1.5 Evaluación de la NPCA para MP₁₀ como Concentración anual D.S. 59/1998 MINSEGPRES

1.1.5.1 Estación Codegua

Tabla Anexo 54: Evaluación NPCA para MP₁₀ como concentración anual (50µg/ m³N) D.S. 59/1998 MINSEGPRES Estación Codegua (2002 – 2004)

Estación Codegua		
Período	Número de meses válidos	Concentración anual µg/ m ³ N
01/01/2002 – 31/12/2002	12	62
01/01/2003 – 31/12/2003	11	91
01/01/2004 – 31/12/2004	11	69
Promedio		74

1.1.5.2 Estación La Leonera

Tabla Anexo 55: Evaluación NPCA para MP₁₀ como concentración anual (50µg/ m³N)
D.S. 59/1998 MINSEGPRES Estación La Leonera (2001 – 2003)

Estación La Leonera		
Período	Número de meses válidos	Concentración anual µg/ m ³ N
01/04/2001 – 31/03/2002	12	27
01/04/2002 – 31/03/2003	12	25

1.1.5.3 Estaciones San Francisco de Mostazal; Coltauco y Quinta de Tilcoco

Tabla Anexo 56: Evaluación NPCA para MP₁₀ como concentración anual (50µg/ m³N)
D.S. 59/1998 MINSEGPRES Estaciones Mostazal; Coltauco y Quinta de Tilcoco (2004)

Evaluación NPCA para MP ₁₀ como concentración anual D.S. 59/1998 MINSEGPRES			
Estación	Período	Nº de meses válidos	Concentración anual µg/ m ³ N
San Francisco de Mostazal	23/01/2004 – 30/11/2004	11	64
Coltauco	10/03/2004 – 30/11/2004	8	80
Quinta de Tilcoco	10/03/2004 – 30/11/2004	8	60

1.2 Anexo meteorología

La tabla 57 resume los valores mínimos, promedios y máximos de 1 h para velocidad de viento en las estaciones de Mostazal; Codegua; Coltauco y Quinta De Tilcoco en el año 2004. En ella se aprecia refiriéndose solo a los valores promedios que la estación monitora de Codegua, es la que presenta una mejor ventilación, le siguen la estación de Mostazal, Coltauco y Quinta de Tilcoco, estas dos últimas presentan valores similares, debido a la cercanía geográfica de las comuna.

Tabla Anexo 57: resumen de los valores mínimos, promedios y máximos de 1 hr. Para la velocidad del viento (m/s) año 2004 estaciones del Valle del Cachapoal

MESES	MÍNIMO				PROMEDIO				MÁXIMO			
	Codeg.	Mostz.	Colt.	Quinta.	Codeg.	Mostz.	Colt.	Quinta.	Codeg.	Mostz.	Colt.	Quinta.
ene-04	0,4	0,1	s/m	s/m	2,8	1,6	s/m	s/m	6,6	4,3	s/m	s/m
feb-04	0,2	0,1	s/m	s/m	1,6	1,5	s/m	s/m	4,7	5,4	s/m	s/m
mar-04	0,2	0,1	0,1	0,1	1,7	1,5	1,1	1,1	5,6	4,3	3,3	3,2
abr-04	s/m	s/m	0,1	0,1	s/m	s/m	1	0,9	s/m	s/m	3,0	2,7
may-04	0,2	0,1	0,1	0,1	1,2	0,8	0,9	0,9	4,6	3,3	2,7	3,9
jun-04	0,3	0,3	s/m	0,2	1,5	1,2	s/m	0,9	6,5	5,8	s/m	3,6
jul-04	0,1	0,1	0,2	0,2	1,6	1,3	1,1	1,2	5,8	4,9	5,1	5,6
ago-04	0,1	0,2	0,2	0,1	1,6	1,3	1,1	1,2	4,2	4,7	5,1	5,8
sep-04	0,2	0,1	0,2	0,1	1,9	1,8	1,3	1,3	6,3	6,7	5,0	3,5
oct-04	0,3	0,2	0,1	0,1	1,7	1,6	1,1	1,0	5,0	4,5	3,1	3,8
nov-04	0,3	0,0	0,1	0,1	1,7	1,7	1,2	1,2	4,4	4,2	3,8	3,2
dic-04	0,3	0,1	0,1	0,2	1,8	1,8	1,3	1,2	4,9	4,5	3,6	4,3

s/m = Sin medición (inicio de mediciones en Coltauco y Quinta de Tilcoco en marzo del 2004)

En la tabla 58 se aprecia que la humedad relativa mínima, promedio y máxima de 1 hr para las estaciones de Codegua y Mostazal las cuales presenta valores similares entre si y que estan de acuerdo a lo esperado según el período estacional de medición

Tabla Anexo 58: Resumen valores mínimos, promedios y máximos de 1h para Humedad relativa (valores en %) año 2004 estaciones del Valle del Cachapoal

MESES	MÍNIMO				PROMEDIO				MÁXIMO			
	Cod.	Mostz	Colt.	Quint	Cod.	Most	Colt.	Quint	Cod	Most	Colt	Quint
ene-04	22	26	s/m	s/m	52	58	s/m	s/m	86	93	s/m	s/m
feb-04	14	16	s/m	s/m	63	61	s/m	s/m	100	99	s/m	s/m
mar-04	18	19	s/m	s/m	65	66	s/m	s/m	98	99	s/m	s/m
abr-04	s/m	s/m	s/m	s/m	s/m	s/m	s/m	s/m	s/m	s/m	s/m	s/m
may-04	15	15	s/m	s/m	78	79	s/m	s/m	99	99	s/m	s/m
jun-04	27	20	s/m	s/m	80	81	s/m	s/m	100	99	s/m	s/m
jul-04	16	19	s/m	s/m	80	79	s/m	s/m	100	98	s/m	s/m
ago-04	14	12	s/m	s/m	77	76	s/m	s/m	100	98	s/m	s/m
sep-04	16	16	s/m	s/m	73	70	s/m	s/m	100	97	s/m	s/m
oct-04	14	14	s/m	s/m	72	67	s/m	s/m	100	97	s/m	s/m
nov-04	14	17	s/m	s/m	67	63	s/m	s/m	100	97	s/m	s/m
dic-04	27	24	s/m	s/m	60	56	s/m	s/m	94	94	s/m	s/m

s/m = Sin medición

En la tabla 59 se aprecian las temperaturas mínimas, promedio y máximas de 1hr registradas en las estaciones de Codegua y Mostazal, estas temperaturas son las esperadas de acuerdo a los períodos (cálido/frío) en análisis. En si la estación de Mostazal presenta valores mínimos y máximos de 1hr levemente mayores que la estación de Codegua

Tabla Anexo **59**: Resumen valores mínimos, promedios y máximos de 1h para Temperatura (valores en °C) año 2004 estaciones del Valle del Cachapoal

MESE S	MÍNIMO				PROMEDIO				MÁXIMO			
	Cod	Most	Colt.	Quint	Cod.	Most	Colt.	Quint	Cod	Most	Colt	Quin
ene-04	7,1	11,6	s/m	s/m	21,6	22,2	s/m	s/m	31,2	35,2	s/m	s/m
feb-04	10,4	9,5	s/m	s/m	19,2	20,5	s/m	s/m	31,6	34,1	s/m	s/m
mar04	9,4	8,7	s/m	s/m	18,1	18,8	s/m	s/m	30,9	32,1	s/m	s/m
abr-04	s/m	s/m	s/m	s/m	s/m	s/m	s/m	s/m	s/m	s/m	s/m	s/m
may04	2,4	-1,1	s/m	s/m	9,9	9,4	s/m	s/m	25,6	26,7	s/m	s/m
jun-04	-1,7	-3,2	s/m	s/m	8,9	8,6	s/m	s/m	21,7	23,4	s/m	s/m
jul-04	-0,1	-1,4	s/m	s/m	8,6	8,6	s/m	s/m	24,0	23,6	s/m	s/m
ago-04	0,2	-1,5	s/m	s/m	9,5	9,7	s/m	s/m	25,5	27,3	s/m	s/m
sep-04	0,7	0,6	s/m	s/m	12,1	12,7	s/m	s/m	27,6	28,6	s/m	s/m
oct-04	4,6	3,7	s/m	s/m	14,0	14,8	s/m	s/m	26,2	28,3	s/m	s/m
nov-04	4,4	4,5	s/m	s/m	16,8	17,5	s/m	s/m	29,1	30,7	s/m	s/m
dic-04	9,7	9,9	s/m	s/m	19,8	20,5	s/m	s/m	29,8	31,8	s/m	s/m

s/m = Sin medición

1.3 Anexo figuras

La figura 43 muestra las concentraciones anuales de SO_2 para el período comprendido entre los años 2000 a 2003 en la estación monitora de Coya Club de Campo

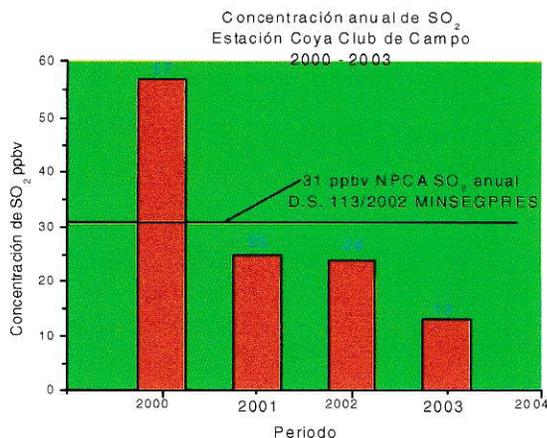


Figura Anexo 43: concentraciones anuales de SO_2 estación Coya Club de Campo

La figura 44 muestra las concentraciones anuales de SO_2 para el período comprendido entre los años 2000 a 2003 en la estación monitora de Coya Población

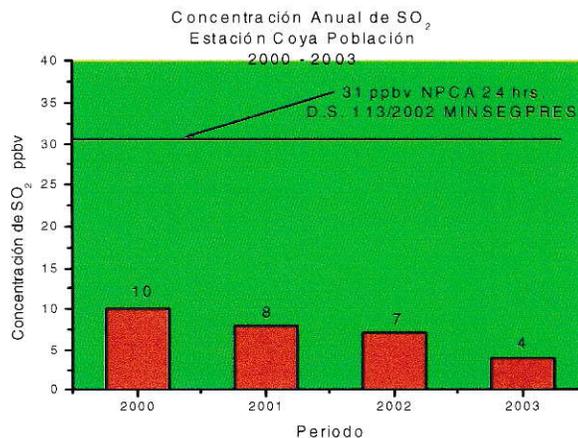


Figura Anexo 44: concentraciones anuales de SO_2 estación Coya Población

En la figura 45 se observan las concentraciones anuales calculadas durante el período comprendido entre los años 2000 (ver tabla 6 anexo) a 2003, las concentraciones son bajas y se encuentran por muy debajo a lo establecido en la normativa (31 ppbv)

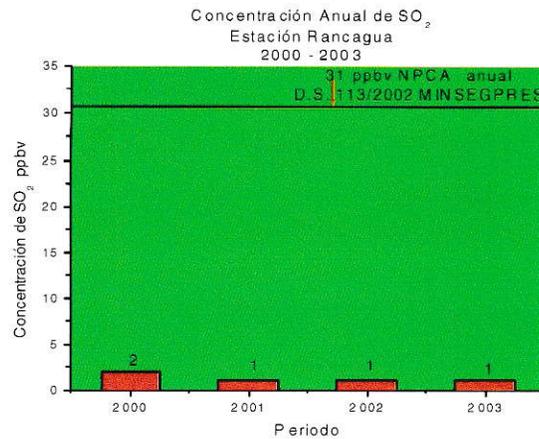


Figura Anexo 45: Concentraciones anuales de SO₂ Estación Rancagua (2000 – 2003)

En la figura 46 se observan las concentraciones anuales de SO₂ calculadas durante el período 2000 a 2003 para la estación monitora de Sewell

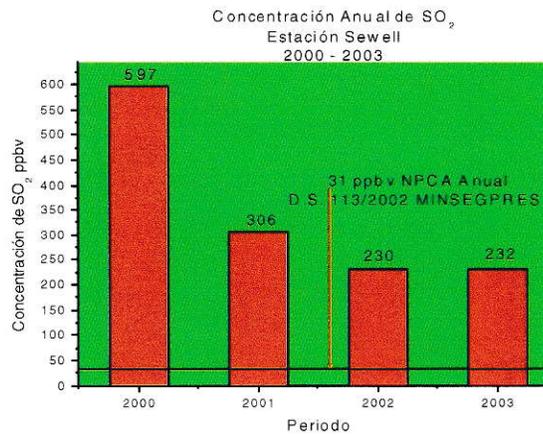


Figura anexo 46: Concentraciones anuales de SO₂ Estación Sewell (2000 – 2003)

1.4 Anexo normativa legal

Normativa de calidad de aire en Chile

En nuestro país encontramos algunas instituciones que participan en la gestión del aire, entre ellas están el Ministerio de Salud (MINSAL) y el Ministerio Secretaría General de la Presidencia (MINSEGPRES), el cual a su vez es el órgano rector de la CONAMA, estos ministerios son los responsables de promulgar las normas primarias de calidad del aire (NPCA). Las NPCA tienen como objetivo final la protección de la salud de las personas.

Hacia el año 1978 se establecieron por primera vez las normas sobre partículas totales en suspensión (PTS), SO₂, CO, O₃ y NO₂ (y en 1992 para SO₂ y MP₁₀ en las Proximidades de las principales fuentes fijas), que fueron revisadas en 1998 (para el caso del PM₁₀) y 2002 (CO, O₃, SO₂ y NO₂). En la actualidad no se han establecido normas primarias para otros contaminantes, incluidos los compuestos orgánicos volátiles (COV) y los metales pesados (excepto el plomo). Sin embargo se trabaja en una NPCA para compuestos de arsénico.

Las normas secundarias de calidad tienen el objetivo de proteger la producción agrícola y los ecosistemas. El Ministerio de Minería las promulga desde 1992. Existen normas secundaria para SO₂ (D.S. 185/1991) para distintos periodos de concentración cuyos valores se diferencian de acuerdo a una división caracterizada entre zona norte y zona sur del país, las que se basan en la protección de las actividades silvoagropecuarias propias de cada zona.

Con el fin de exigir el cumplimiento de las normas de calidad del aire, las Comisiones regionales de medio ambiente (COREMA) solicitan al MINSEGPRES que emita un Decreto Supremo en el cual se declare saturada el área donde se excede la norma. En teoría, se inicia un plan de descontaminación del aire durante los 90 días siguientes. Desde 1992 se han ejecutado planes de este tipo en Santiago y en las principales fuentes mineras de contaminación. A partir de 1995, en el diseño de los planes se han aplicado los procedimientos establecidos en la Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente de 1994 Ley 19300. (OCDE/CEPAL., 2005)

A continuación se hará referencia a los cuerpos legales que regulan la gestión de calidad de aire en el país

1.4.1 Resolución 1215/1978 del Ministerio de Salud (MINSAL)

“Normas Sanitarias Mínimas destinadas a Prevenir y Controlar la Contaminación Atmosférica”.

La resolución establece una serie de límites máximos de concentración en relación a contaminantes atmosféricos, estas normas son de tipo primaria, cuyo objetivo primordial es la protección de la salud de la población. (Ver Tabla anexo normativa legal 60)

Algunos aspectos importantes de encontrar en la presente Resolución son:

- La definición por primera vez de términos tales como: contaminación atmosférica, norma de calidad del aire, contaminantes, fuente de contaminación atmosférica, norma de emisión, estudio de impacto ambiental, entre otros;
- El establecimiento de métodos oficiales de análisis (métodos de referencia) para los distintos contaminantes;
- El resumen y actualización de las disposiciones referidas a normas de emisión;
- El establecimiento de normas sobre proyectos de control de emisiones provenientes de las fuentes estacionarias;
- La normativa no define los niveles que originan situaciones de emergencia con respecto a los contaminantes O₃, NO₂, SO₂, CO, y PTS.

En la actualidad este cuerpo legal se encuentra vigente hasta el 1 de abril del año 2006 en el caso de los gases contaminantes SO₂, O₃ y NO₂. Mientras que para el gas CO, la RES 1215/78 se entenderá derogada a contar del día 1 de Octubre del año 2005.

La resolución establece como organismo fiscalizador de las normas primarias de calidad de aire para estos contaminantes al Servicio de Salud.

Tabla Anexo normativa legal 60: normas primarias de calidad de aire Resolución 1215/1978 MINSAL

Parámetro	Tipo Norma	Período	Concentración (µg/m³N)	Zona de aplicación
Partículas en suspensión	1 ^{ria}	Anual	75	Todo el país
		24 hrs.	260*	Todo el país
SO₂	1 ^{ria}	Anual	80	Todo el país
		24 hrs.	365*	Todo el país
CO	1 ^{ria}	8 hrs.	10000*	Todo el país
		1hrs.	40000*	Todo el país
O₃	1 ^{ria}	1 hr.	160*	Todo el país
NO₂	1 ^{ria}	Anual	100	Todo el país

*No pudiéndose sobrepasar este valor más de una vez por año.

1.4.2 D.S. 185/91 del Ministerio de Minería

“Declara Zona Saturada por Anhídrido Sulfuroso y Material Particulado respirable, el campamento de la División Chuquicamata de Codelco Chile.”

Reglamenta funcionamiento de establecimientos emisores de anhídrido sulfuroso, material particulado y arsénico en todo el territorio de la republica.

El Decreto Supremo es establecido por la necesidad de prevenir los problemas de contaminación de alcance nacional, generados por los procesos productivos de la minería, responsables del 90 % de las emisiones de SO₂ a la atmósfera. Y que para lo anterior se deben realizar estudios destinados a medir la calidad del aire, instalar redes permanentes de monitoreo de calidad del aire y desarrollar planes de descontaminación atmosférica en las áreas donde no hay condiciones para dar inmediato cumplimiento a esta normativa.

El cuerpo legal es aplicable a fuentes emisoras a la atmósfera de cantidades mayores o iguales a 3 Ton/día de SO₂, medidos en chimenea o determinado por balance de masa, asimismo para emisiones de cantidades mayores o iguales a 1 Ton/ día de MP₁₀, medido en chimenea o por otro método aprobado.

Como se aprecia en la tabla anexo normativa legal 61, se establecen las Normas Secundarias de Calidad de aire, con el objetivo de proteger a las explotaciones silvoagropecuarias y de preservar los ecosistemas pertenecientes a las Áreas Silvestres Protegida¹. Las Normas Secundarias de calidad de aire se aplican en el territorio nacional de acuerdo a 2 zonas, en función de la actividad productiva principal existente en cada una. Estas zonas se denominan: Zona Norte y Zona Sur². En el norte, donde se ubican las regiones más secas con el mayor número de fundiciones de cobre, las normas primarias para el SO₂ solo son complementadas por una limitación de 1.000 µg/m³N por hora. En las regiones del sur, con un clima húmedo y más actividades de agricultura y silvicultura, la norma anual ha sido reducida a 60 µg/m³N, el valor diario a 260 µg/m³N y el valor por hora a 700 µg/m³N.

En el Decreto se establece la norma primaria de calidad de aire para las partículas respirables MP₁₀. Se registran las bases para la implementación de normas secundaria para material particulado sedimentable, en áreas silvoagropecuarias que se encuentren amenazadas por el contaminante³

Además el decreto supremo autoriza la fijación de estándares para el contaminante arsénico

¹ Artículo N° 6 D.S. 185/1991

² Artículo N° 6 puntos a y b D. S. 185/1991

³ Artículo N° 7 D.S. 185/1991

Tabla Anexo normativa legal 61: máximos niveles permisibles para SO₂ y MP₁₀ D.S. 185/1991

Parámetro	NORMA	Tipo norma	Período	Concentración µg/m ³ N	Zona aplicación
SO ₂	D.S. 185/91	Primaria	Anual	80	Todo el país
		Secundaria	Anual	80	Norte
		Secundaria	Anual	60	Sur
		Primaria	24 hrs.	365	Norte
		Secundaria	24 hrs.	260	Sur
		Secundaria	1 hora	1000	Norte
		Secundaria	1 hora	700	Sur
MP – 10	D.S. 185/91	Primaria	24 hrs.	150	Todo el país

Es importante mencionar que el decreto Supremo 185 establece los niveles que dan cuenta de las zonas Saturadas, latentes; no saturadas y no clasificadas, por anhídrido sulfuroso y por material particulado respirable (ver tabla anexo normativa legal 62). Además de planes de descontaminación, para efectos de establecimientos regulados en funcionamiento que se encuentren en zonas declaradas Saturadas, de tal manera de disminuir las emisiones de las fuentes y recuperar la calidad del aire

Tabla Anexo normativa legal 62: Niveles de concentración para declarar una zona Latente o Saturada

Contaminante	Zona Saturada	Zona Latente	Zona no Saturada	Zona no Clasificada
SO ₂	Sobrepasa normativa	80 - 100%*	0 – 80 % *	**
MP ₁₀	Sobrepasa normativa	80 - 100%*	0 – 80 % *	**

*Del valor de las normas de calidad del aire aplicable a la zona.

**no se dispone de información certificada para su clasificación

Teniendo presente las clasificaciones de la Tabla anterior, se deberán implementar una serie de medidas para establecimientos regulados (nuevos o no) que quieran realizar sus operaciones en alguna de estas zonas, como forma de proteger a la atmósfera de la amenaza antropogénica.

El artículo 5° Transitorio del decreto supremo N° 185 de 1991 del Ministerio de Minería dispuso la instalación por parte de la División El Teniente de Codelco Chile, de una red permanente de monitoreo de calidad de aire en la zona circundante a la Fundición Caletones.

Corresponderá fiscalizar el cumplimiento de la norma; fiscalizar las redes de monitoreo, que los establecimientos regulados instalen para el cumplimiento de este Decreto, en cuanto a su buen funcionamiento y el correcto registro de los datos; fiscalizar el cumplimiento de los Planes de Descontaminación, en cuanto a los plazos y niveles de emisión anuales de anhídrido sulfuroso y material particulado, a los Servicios competentes de los sectores de Salud y Agricultura

Posteriormente con la creación de la ley de bases del medio ambiente ley 19300 y sus reglamentos⁴ en el año 1994, se establecieron las bases para el control y la prevención de la contaminación atmosférica en el país, y en este contexto, se han generado diversas expectativas para llevar adelante la implementación de instrumentos de gestión ambiental que la ley consagra. Entre ellos, están los planes de prevención y descontaminación, la promulgación de nuevas normas ambientales, la participación ciudadana, educación ambiental entre otras iniciativas.

Para lo que representa este diagnóstico, es necesario hacer referencia a los Decretos Supremos 174 del 6 de Octubre del año 1994 (D.S. 174/1994 MINSEGPRES) y en el cual se declara zona saturada al área en torno a la fundición de Caletones por SO₂ y MP₁₀, además del decreto Supremo 81 del 12 de Mayo del año 1998 (D.S. 81/1998 MINSEGPRES), en el cual se establece un plan de descontaminación para esta área Saturada.

⁴ Decreto Supremo N° 30/97, Decreto Supremo N° 93/95

1.4.3 D.S. 174/94 MINSEGPRES

Declara zona saturada por Anhídrido Sulfuroso y Material Particulado el área circundante a la fundición Caletones, Región del Libertador General Bernardo O'Higgins

El 16 de Noviembre del año 1994 el área en torno a la Fundición de Caletones, perteneciente a la División El Teniente CODELCO – CHILE, es declarada zona Saturada por anhídrido Sulfuroso y Material particulado, considerando que las normas primarias de calidad de aire para ambos contaminantes se superaban, además de la superación de la norma secundaria de calidad de aire para el caso del anhídrido Sulfuroso en su norma horaria ($1000 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$), esto basado en resultados obtenidos de las mediciones aportadas entre los años 1992 y 1993 por la red de monitoreo instalada por la División el Teniente, en la zona circundante a la fundición de Caletones. En su artículo único el D.S. 179/1994 MINSEGPRES declara zona Saturada a las siguientes comunas: San Francisco de Mostazal, Codegua, Machalí y Requínoa.

1.4.4 D.S 081/1998 MINSEGPRES

Establece plan de descontaminación para el área circundante a la fundición de Caletones de la División el Teniente de Codelco Chile

En su artículo único, establece el plan de descontaminación para la zona circundante a la fundición Caletones. Este plan consiste en la instalación por parte de la división El Teniente de Codelco Chile, de plantas de tratamiento de gases y polvos. En el caso del SO_2 , la transformación del contaminante a Ácido Sulfúrico (H_2SO_4)

La determinación de los contaminantes se realiza a través de balance de masa como forma de estimar los niveles de emisión de azufre para así calcular la emisión de SO_2 desde la Fundición Caletones, independientemente si la emisión ocurre vía chimenea o si se trata de emisiones fugitivas. En relación a las emisiones de material particulado, éstas deben ser medidas por muestreos isocinéticos.

Según el cronograma de reducciones establecido en el decreto en relación a los contaminantes que afectan la zona se espera que: para el año 2001 se cumpla la norma

de calidad de aire para MP_{10} , mientras que en el año 2003 se espera que las concentraciones de SO_2 en la atmósfera estén bajo la normativa vigente para el gas.

El Decreto Supremo establece un plan operacional, en conjunto con la población, bajo la ocurrencia de episodios críticos de contaminación por SO_2 y MP_{10} , este plan tiene como objetivo reducir los riesgos a la salud de los sectores más vulnerables de la sociedad (niños y ancianos)

Las estaciones de monitoreo actualmente existentes en las cuales se practicarán estas mediciones y verificar el cumplimiento de la normativa son:

- Coya Población;
- Coya Club de Campo, y
- Sewell

La estación Coya población en la actualidad es la única con acreditación de estación de monitoreo con representatividad poblacional para gas SO_2 (EMRPG) y estación de monitoreo de material particulado respirable MP_{10} con representatividad poblacional (EMRP), la estación de Coya Club de Campo es una estación de control para gas SO_2 , mientras que la estación Sewell, no representa una estación de control de las normas primaria de calidad de aire, debido a la no existencia de pobladores en el sector. Asimismo, para verificar el cumplimiento de las normas secundarias de calidad ambiental de anhídrido sulfuroso, las mediciones se practicarán en las estaciones de monitoreo ubicadas:

- Al oriente de Coya (aproximadamente a 3 kilómetros de Coya);
- Al sur de Coya por el valle del río Cachapoal y
- Reserva Nacional "Río Cipreses"

Actualmente las estaciones para la verificación del cumplimiento de las normas secundarias de calidad de aire, se encuentran referidas a las estaciones Cipreses y Cauquenes

➤ Antecedentes del plan

Objetivos

La reducción inmediata de las emisiones de SO₂, junto con la reducción de MP₁₀ y el cumplimiento de la norma de calidad de aire vigente en el país para SO₂

Como forma de cumplir estos objetivos se establece un cronograma de reducción de emisiones para la Fundición de Caletones, el cual se detalla en la tabla anexo normativa legal 63.

Tabla Anexo normativa legal 63: "Cronograma de Reducción de Emisiones de anhídrido sulfuroso"

Año	Emisión anual máx. de SO₂ (ton/año)	Emisión mensual máx. de SO₂ (ton/mes)
Desde 2000	494.000	41.166
Desde 2001	230.000	19.166
Desde 2002	230.000	19.166
Desde 2003	Cumplimiento de norma de calidad ambiental (SO ₂)	Cumplimiento de norma de calidad ambiental (SO ₂)

Seguimiento al plan

El seguimiento al plan se realiza con respecto a las emisiones históricas de SO₂ de la fundición Caletones, estas emisiones experimentan un constante decrecimiento, con ello se espera dar cumplimiento a la normativa vigente para el gas (ver tabla anexo normativa legal 64). Referencia: CONAMA (1997 – 2003) "Informes de Fiscalización y control del plan de descontaminación de Caletones"

Tabla Anexo normativa legal 64: Emisiones mensuales, anuales de SO₂ de la Fundición Caletones, 1998 – 2003 (ton/mes)

Mes/Año	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Enero	60,320	40,607	36,264	19,006	17988	9738
Febrero	59,182	43,992	38,162	18,946	19022	12326
Marzo	54,188	38,508	39,808	18,316	17610	9068
Abril	62,730	30,236	33,194	16,130	14088	4566
Mayo	57,230	38,726	40,788	16,254	18778	7824
Junio	59,552	37,502	38,152	15,624	15,978	8,344
Julio	59,028	41,644	44,116	17,086	18,926	8,062
Agosto	53,794	43,998	43,302	20,654	20,096	7,776
Septiembre	61,544	42,036	34,904	20,442	18,322	9,396
Octubre	56,262	40,546	40,056	18,418	17,644	9,188
Noviembre	62,120	41,424	40,272	19,560	17,448	11,730
Diciembre	64,400	39,616	37,480	20,920	20,168	16,786
Total (ton/año)	710.350	478.835	466.498	221.356	216.068	114.804

➤ Fiscalización del plan de descontaminación

La fiscalización del cumplimiento del presente plan será de responsabilidad del Servicio de Salud O'Higgins y del Servicio Agrícola y Ganadero VI Región según corresponda.

El día 6 de agosto del año 2002 se establecen las nuevas normas primarias de calidad del aire para gases O₃, SO₂ y NO₂ por parte del MINSEGPRES, estas normas se encuentran dentro del cuerpo legal, establecidos como Decreto Supremo.

A continuación se hará referencia al contenido de estos cuerpos legales.

1.4.5 D.S. 112/2002 MINSEGPRES

Norma primaria de calidad de aire para Ozono (O₃). D.S. N° 112 de 6 de agosto de 2002, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República. MINSEGPRES (DO 6.03.2003).

El D.S. 112/2002 MINSEGPRES, establece norma primaria de calidad de aire para Ozono como concentración de 8 hrs.

Para efectos de verificar la norma se deberá calcular el percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 8 hrs. (promedio móvil) durante un año calendario sucesivo.

Se considerara sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para ozono como concentración de 8 hrs., cuando el promedio aritmético de tres años sucesivos, del percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 8 hrs. registrados durante un año calendario, en cualquier estación monitorea EMRPG, fuere mayor o igual a 61 ppbv o 120 µg/m³N⁵.

Para efectos de evaluar el cumplimiento de la norma y los niveles que definen situaciones de emergencia ambiental se utilizarán los valores de concentración expresados en ppbv.

Validación de datos

Se considerará válido el promedio móvil de 8 hrs. si se dispone del registro del 75% de los datos de 8 horas (una cantidad mayor o igual a 6 datos de concentración de 1 hora) para evaluar este promedio.

Se considerará válido el máximo diario del promedio móvil de 8 hrs. si se dispone del registro del 75 % de los datos en un día (una cantidad igual o mayor a 18 datos)

Como forma de poder validar los datos del percentil 99 de concentraciones máximas diarias de 8 hrs. se debe tener como requisito un número mínimo de 274 de los

⁵ D.S. 112/2002 MINSEGPRES Artículo 3

365 datos de concentración máxima diaria de 8 hrs. durante un año calendario⁶, además de que el 50 % de los datos deben corresponder al período de altas concentraciones de ozono.

Niveles que originaran situaciones de emergencia ambiental

Los siguientes niveles originarán situaciones de emergencia ambiental para ozono, en concentración de una hora:

Nivel 1: 204 - 407 ppbv (400 - 799 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)

Nivel 2: 408 - 509 ppbv (800 - 999 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)

Nivel 3: 510 ppbv o superior (1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ o superior)

Los niveles arriba mencionados (nivel 1,2 y 3) se pueden asociar a las situaciones de alerta, preemergencia y emergencia, respectivamente, por contaminación de ozono, en el contexto de un plan de descontaminación.

Metodología de Medición de la Norma

En el Artículo N° 6 del decreto se establece la medición de la concentración de ozono en el aire, la cual se realizará mediante cualquiera de los siguientes métodos de medición:

- Quimioluminiscencia con etileno;
- Fotometría de absorción ultravioleta;
- Cromatografía líquida gas/sólido;
- Espectrometría de absorción óptica diferencial, con calibración in-situ y,
- Un método de medición de referencia o equivalente designado o aprobado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos o por las Directivas de la Comunidad Europea.

El monitoreo de calidad de aire deberá realizarse con instrumentos que cumplan con los métodos de medición señalados en el inciso anterior y que hayan sido

⁶ D.S. 112/2002 MINSEGPRES Artículo 8

reconocidos, aprobados o certificados, por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos o por las Directivas de la Comunidad Europea.

Los métodos de uso generalizado para medir ozono son los que emplean la técnica de luminiscencia química o quimioluminiscencia y el de absorción de radiación UV de λ 253,7 nanómetros (nm), siempre que los modelos sean aceptados por la USEPA como método equivalente o de referencia. De estos dos métodos los autores recomiendan usar el de absorción de radiación UV de 253,7 nm, en lugar del de luminiscencia química, debido a que este último método presenta dificultades operacionales, como la de mantener la temperatura de la muestra a 10°C. La medición consiste en hacer pasar un haz de radiación UV de λ 253,7 nm, por una celda de longitud definida y la concentración de ozono es equivalente a la intensidad de radiación absorbida por el ozono.

Fiscalización de la norma

Corresponderá al Servicio de Salud del país y, en la región Metropolitana al Servicio de Salud metropolitano del ambiente, fiscalizar el cumplimiento de las disposiciones de la presente norma.

1.4.6 D.S. 113/2002 MINSEGPRES Norma Primaria de Calidad de Aire para Dióxido de Azufre (SO₂). D.S. N° 113 de 6 de Agosto de 2002, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la Republica. MINSEGPRES (DO 6.03.2003)

El D.S. 113/2002, establece normas primarias de calidad del aire para SO₂ como concentración anual y de 24 hrs.

La norma primaria de calidad de aire para dióxido de azufre como concentración anual será de 31 ppbv o 80µg/m³N. La concentración anual, se calcula teniendo los valores de concentración trimestral de dióxido de azufre para un año, estos valores (4), son promediados y de esta forma se establece la concentración para ese año. Se considerara sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para dióxido de azufre como concentración anual, cuando el promedio aritmético de los valores de

concentración anual de tres años calendarios sucesivos, en cualquier estación monitorea EMRPG, fuere mayor o igual a 31 ppbv o $80 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.⁷

La concentración de 24 hrs. se obtiene calculando el percentil 99 de la concentración de 24 hrs. (promedio aritmético de los valores de concentración de 1 hr, para 24 hrs. consecutivas de las 0 hrs. a 23 hrs.) durante un año calendario. Para calcular el percentil 99 se deben agrupar los datos de concentración de 24 hrs. y ordenarlos en orden creciente, en el caso normal de poseer 365 datos correspondientes a un año calendario, el percentil 99 será: $365 \text{ datos} * 0,99 = 361$, o sea que el dato 361 ordenado en una lista en orden creciente de los datos corresponderá al percentil 99 de concentración de 24 hrs. Este número deberá redondearse al entero más próximo.

Se considerara sobrepasada la norma de calidad de aire para dióxido de azufre como concentración de 24 hrs. cuando el promedio aritmético de tres años consecutivos, del percentil 99 de las concentraciones de 24 hrs. registradas durante un año calendario, en cualquier estación monitorea EMRPG, fuere mayor o igual a 96 ppbv o $250 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.⁸ Para efectos de evaluar el cumplimiento de la norma y los niveles que definen situaciones de emergencia ambiental se utilizarán los valores de concentración expresados en ppbv.

Validación de datos

Concentración Anual

Como forma de poder validar la concentración anual de SO_2 se debe poseer en el análisis de datos aproximadamente 68 de los 90 datos de concentración de 24 hrs. de cada uno de los cuatro trimestres del año.⁹

Concentración de 24 hrs.

Como forma de poder validar la concentración de 24 hrs. de SO_2 se deben poseer 18 de los 24 datos de concentración de 1 hora

Como forma de poder validar el percentil 99 de concentraciones de 24 hrs. para SO_2 se deben poseer 274 de los 365 datos de concentración de 24 hrs.

⁷ D.S. 113/2002 MINSEGPRES Artículo 3

⁸ D.S. 113/2002 MINSEGPRES Artículo 4

Niveles que originaran situaciones de emergencia ambiental

Los siguientes niveles originan situaciones de emergencia ambiental para dióxido de azufre, en concentración de una hora.

Nivel 1: 750 - 999 ppbv	(1.962 - 2.615 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)
Nivel 2: 1.000 – 1.499 ppbv	(2.616 - 3.923 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)
Nivel 3: 1.500 ppbv o superior	(3.924 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ o superior)

Los niveles arriba mencionados (nivel 1, 2 y 3) se pueden asociar a las situaciones de alerta, preemergencia y emergencia, respectivamente, por contaminación de dióxido de azufre, en el contexto de un plan de descontaminación.

Los niveles que originan situaciones de emergencia ambiental para dióxido de azufre podrán ser obtenidos mediante la aplicación de una metodología de pronóstico de calidad de aire aprobada por el Servicio de Salud respectivo, o por medio de la constatación de las concentraciones del contaminante a partir de alguna de las estaciones monitoras de calidad de aire clasificadas como EMRPG.

Metodología de medición de la norma

La medición de la concentración de dióxido de azufre en el aire se realizara mediante cualquiera de estos métodos de medición:

- Fluorescencia ultravioleta
- Espectrometría de absorción diferencial con calibración in – situ y
- Un método de medición de referencia o equivalente designado o aprobado por la agencia de protección ambiental de los estados Unidos o por las directivas de la Comunidad Europea

El monitoreo de calidad de aire deberá realizarse con instrumentos que cumplan con los métodos de medición señalados en el inciso anterior y que hayan sido reconocidos, aprobados o certificados, por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos o por las Directivas de la Comunidad Europea

La fluorescencia Ultravioleta es el proceso por el cual una molécula excitada (que adquiere energía por absorción) emite parte de su energía, mediante una emisión

⁹ D.S. 113/2002 MINSEGPRES Artículo 10

radiativa en el rango del espectro ultravioleta, cuya longitud de onda esta comprendida entre 150 y 400 nanometros.



En donde hv representa la energía en exceso que libera la molécula excitada

Fiscalización de la Norma

Corresponderá al Servicio de Salud del país y, en la región Metropolitana al Servicio de Salud metropolitano del ambiente, fiscalizar el cumplimiento de las disposiciones de la presente norma.

1.4.7 D.S. 114/2002 MINSEGPRES Norma Primaria de Calidad de Aire para Dióxido de Nitrógeno (NO₂). D.S. N° 114 de 6 de Agosto de 2002, Del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República MINSEGPRES. (DO 6.03.2002)

El D.S. 114/2002, establece Norma primaria de calidad de aire para NO₂, como concentración anual y concentración de 1 hora.

La norma primaria de calidad de aire para Dióxido de Nitrógeno como concentración anual será de 53 ppbv o 100µg/m³N. Se considerara sobrepasada esta norma primaria como concentración anual, cuando el promedio aritmético de los valores de concentración anual de tres años calendarios sucesivos, en cualquier EMRPG, fuere mayor o igual a 53 ppbv o 100µg/m³N.¹⁰

La norma primaria de calidad de aire para NO₂ como concentración de 1 hora será 213 ppbv o 400 µg/m³N. Se considerara sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para NO₂ como concentración de 1 hora, cuando el promedio aritmético de tres años sucesivos del percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 1 hora registrados durante un año calendario, en cualquier EMRPG, fuere mayor o igual a 213 ppbv o 400 µg/m³N¹¹. Para efectos de evaluar el cumplimiento de la norma y los

¹⁰ D.S. 114/2002 MINSEGPRES Artículo 3

¹¹ D.S. 114/2002 MINSEGPRES Artículo 4

niveles que originan situaciones de emergencia ambiental se utilizarán los valores de concentración expresados en ppbv.

Validación de datos

Concentración anual

Se considerará válida la concentración de 24 horas, si, a lo menos, el 75% de los datos de concentración de 1 hora para un periodo de 24 horas (18 datos), se encontraren disponibles y dan cuenta de la variación de los datos a lo largo de un día (ciclo diario).

Se considerará válida la concentración anual, si para cada uno de los trimestres de un año, se dispusiere de a lo menos un 75% de los datos de concentración de 24 horas para ese periodo (68 de aproximadamente 90 datos).

Concentración de una hora

Se considerará válida la concentración de una hora, si, a lo menos, se dispusiere de 30 minutos seguidos de medición.

Se considerará válida la concentración máxima diaria de una hora, si, a lo menos, el 75% de los datos de concentración de 1 hora para un periodo de 24 horas, se encontraren disponibles (18 de 24 datos de concentración de 1 hr.) y dan cuenta de la variación de los datos a lo largo de un día (ciclo diario). En el evento que se dispusiere de menos del 75% de los datos de concentración de 1 hora, la concentración máxima diaria de 1 hora será considerada, sólo para efectos de verificar el cumplimiento de la norma primaria de calidad de aire como concentración de 1 hora, si, la concentración máxima diaria de 1 hora fuere mayor o igual al nivel de la norma

Se considerará válido el percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 1 hora registrados durante un año, si, a lo menos, el 75% de los datos (274 datos), de máximos diarios de concentración de 1 hora para el periodo de un año se encontraren disponibles y dan cuenta de la variación de los datos a lo largo de un año (ciclo estacional).

Niveles que originaran situaciones de emergencia ambiental

Los siguientes niveles originarán situaciones de emergencia ambiental para dióxido de nitrógeno en concentración de una hora:

Nivel 1: 601-1201 ppbv (1130 - 2259 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)

Nivel 2: 1202 - 1595 ppbv (2260 - 2999 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)

Nivel 3: 1596 ppbv o superior (3000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ o superior)

Los niveles arriba mencionados (nivel 1, 2 y 3) se pueden asociar a las situaciones de alerta, preemergencia y emergencia, respectivamente, por contaminación de ozono, en el contexto de un plan de descontaminación

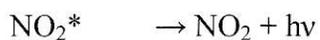
Metodología de Medición de la Norma

En el Artículo 8 del decreto se establece la medición de la concentración de dióxido de nitrógeno en el aire mediante cualquiera de los siguientes métodos de medición:

- Quimioluminiscencia;
- Los que se basen en el método modificado de Griess-Saltzman;
- Espectrometría de absorción óptica diferencial, con calibración in-situ y,
- Un método de medición de referencia o equivalente designado o aprobado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos o por las Directivas de la Comunidad Europea.

La quimioluminiscencia es el proceso por el cual dos sustancias que reaccionan producen una tercera sustancia que posee energía en exceso (molécula excitada). La sustancia excitada emite esta energía, la que es medida instrumentalmente.

Ejemplo: $\text{NO} + \text{O}_3 \rightarrow \text{NO}_2^*$



En donde $h\nu$ es la energía en exceso emitida por la molécula

El monitoreo de calidad de aire deberá realizarse con instrumentos que cumplan con los métodos de medición señalados en el inciso anterior y que hayan sido reconocidos, aprobados o certificados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos o por las Directivas de la Comunidad Europea.

Fiscalización de la Norma

Corresponderá al Servicio de Salud del país y, en la región Metropolitana al Servicio de Salud metropolitano del ambiente, fiscalizar el cumplimiento de las disposiciones de la presente norma.

La tabla anexo normativa legal 65 resume el contenido de los valores para las normas primarias de calidad de aire establecidas en los D.S. 112; 113; y 114 del MINSEGPRES

Tabla Anexo normativa legal 65: Cuadro resumen normas primarias de calidad de aire para gases SO_2 , O_3 y NO_2 . (NPCAG)

Parámetro	Norma	Tipo Norma	Período	Concentración (ppbv)	Zona de aplicación
SO₂	D.S. 113/2002	Primaria	Anual	31	Todo el país
			24 hrs.	96	
O₃	D.S. 112/2002	Primaria	8 hrs.	61	Todo el país
NO₂	D.S. 114/2002	Primaria	Anual	53	Todo el país
			1 hr.	213	

Los límites de concentración establecidos deben cumplirse considerando los nuevos criterios técnicos y numéricos establecidos en los distintos cuerpos legales.

Estas normas entraran en vigencia el día 1 de abril del año 2006 para los gases SO_2 , O_3 y NO_2

1.4.8 D.S. 59/1998 MINSEGPRES

Norma de calidad de aire para Material particulado respirable MP₁₀

D.S. N°59/1998 del Ministerio Secretaria General de la Presidencia (MINSEGPRES)

“Establece norma de calidad primaria para material particulado respirable MP₁₀, en especial de los valores que definen situaciones de emergencia.”

El decreto supremo viene a modificar al decreto Supremo N° 185 de 1991 del Ministerio de Minería, en el caso del contaminante MP₁₀.

La norma primaria de calidad de aire para el contaminante Material Particulado Respirable MP₁₀, como concentración anual es cincuenta microgramos por metro cúbico normal (50 µg/m³N).

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 µg/m³N.

La norma primaria de calidad para MP₁₀ fue fijada en 150 µg/m³N como concentración media aritmética diaria, la cual no debe sobrepasar el percentil 98 % de los valores promedios de 24 horas, durante el período anual de cada estación monitora, clasificada para la evaluación de exposición humana. El percentil corresponde al valor "q" calculado a partir de los valores efectivamente medidos en cada estación, redondeados al µg/m³N más próximo. Todos los valores se anotarán en una lista establecida por orden creciente para cada estación de monitoreo.

$$X_1 < X_2 < X_3 \dots < X_k \dots < X_{n-1} < X_n$$

El Percentil será el valor del elemento de orden "k" para el que "k" se calculará por medio de la siguiente fórmula: $k = q \cdot n$, donde "q" = 0,98 para el Percentil 98, y "n" corresponde al número de valores efectivamente medidos. El valor "k" se redondeará al número entero más próximo

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, si antes que concluya el período anual de mediciones y se registra en alguna de las estaciones, clasificada para la evaluación de exposición humana, un número de días con mediciones sobre el valor de $150\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ mayor que siete, esta información podrá ser usada como antecedente para la declaración de una zona, como saturada.

A contar del día 1° de enero del año 2012, la norma primaria de calidad del aire para el contaminante Material Particulado Respirable MP_{10} , será de ciento veinte microgramos por metro cúbico normal ($120\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) como concentración de 24 horas, salvo que a dicha fecha haya entrado en vigencia una norma de calidad ambiental para Material Particulado Fino $\text{MP}_{2.5}$, en cuyo caso se mantendrá el valor de la norma establecido ($150\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$).

Validación de datos

Se considerará como valor de concentración anual válido, aquel determinado a partir de mediciones realizadas durante a lo menos 11 meses del año calendario. En caso que durante un año calendario se disponga de mediciones para más de 8 y menos de 11 meses, para completar el período mínimo señalado, se considerará como valor mensual de cada mes faltante, la concentración mensual más alta medida en los 12 meses anteriores a cada mes faltante. Si se dispone de valores sólo para 8 o menos meses, no se podrá calcular un valor de concentración anual para la estación de monitoreo correspondiente

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.

Definición de los niveles que determinan las situaciones de emergencia ambiental para material particulado respirable MP₁₀

El Artículo N° 3 del decreto define como niveles que originan situaciones de emergencia ambiental para Material Particulado Respirable MP₁₀, 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 en la Tabla anexo normativa legal 66:

Tabla Anexo normativa legal 66: Definición de los niveles que determinan las situaciones de emergencia ambiental para material particulado respirable MP₁₀

Nivel	Material Particulado Respirable MP - 10 µg/m ³ N en 24 horas
Nivel 1°	195 – 239
Nivel 2°	240 – 329
Nivel 3°	330 o superior

Los niveles arriba mencionados (nivel 1,2 y 3) se pueden asociar a las situaciones de alerta, preemergencia y emergencia ambiental, respectivamente.

Métodos de medición

Los métodos de medición para MP₁₀ serán:

- Método gravimétrico de muestreador de alto volumen equipado con cabezal MP₁₀;
- Método gravimétrico de muestreador de bajo volumen equipado con cabezal MP₁₀;
- Método por transducción gravimétrica de oscilaciones inducidas. Microbalanza de oscilación de sensor en voladizo con cabezal MP₁₀;
- Métodos basados en el principio de atenuación beta.

El monitoreo se deberá efectuar a lo menos una vez cada tres días y realizarse en concordancia con los requerimientos para instalación, calibración y operación de los equipos de muestreo y análisis, aprobados por el Servicio de Salud competente.

Si en alguna de las estaciones de monitoreo de calidad del aire clasificadas como EMRP, se detectan concentraciones de Material Particulado Respirable MP₁₀, mayores que el valor mínimo del Nivel 1° definido en el artículo 3°, con las mediciones de uno de los métodos no continuos indicados previamente en al menos tres de los días monitoreados en el año calendario; se deberá practicar, en aquellos meses en que se constate dicha superación y para la estación en que se midieron tales concentraciones, mediciones de monitoreo con frecuencia al menos diaria, o mediciones de monitoreo con métodos del tipo continuo.

Fiscalización de la Norma

La fiscalización de la norma se hará por parte de los Servicios de Salud del país y, en la Región Metropolitana al Servicio de Salud del Ambiente de la Región Metropolitana (SESMA).