

# CONTENIDO

<i>RESUMEN EJECUTIVO</i>	<i>iv</i>
1.1 Antecedentes Generales	iv
2.1 Justificación	vi
3.1 Objetivo General	viii
4.1 Objetivos Específicos	viii
<i>Organización del documento</i>	<i>ix</i>
<i>GLOSARIO Y ACRÓNIMOS</i>	<i>xxvii</i>
<b>1. ANTECEDENTES GENERALES</b>	<b>1</b>
1.1. Introducción	1
1.2. Objetivo General	2
1.3. Objetivos Específicos	2
1.4. Caracterización del SO <sub>2</sub>	3
1.4.1. Propiedades físico-químicas del SO <sub>2</sub>	3
1.4.2. Fuentes y sumideros ambientales de SO <sub>2</sub>	4
1.4.3. Usos del dióxido de azufre	6
<b>2. EVALUACIÓN DE CALIDAD DEL AIRE Y METEOROLOGÍA ASOCIADA A SO<sub>2</sub></b>	<b>7</b>
2.1. Generalidades	7
2.2. Metodología	8
2.2.1. Identificación de Zonas Priorizadas	8
2.2.2. Identificación de estaciones de calidad del aire	8
2.2.3. Recopilación y sistematización de la información	10
2.2.4. Análisis de Calidad del Aire	14
2.2.5. Análisis Meteorológico	15
2.3. Resultados	16
2.3.1. Disposición geográfica de las estaciones de calidad del aire	16
2.3.2. Análisis de Calidad del Aire	16
i) TOCOPILLA	17
ii) CALAMA	21
iii) MEJILLONES	25
iv) ANTOFAGASTA – LA NEGRA	31
v) COPIAPÓ – PAIPOTE - TIERRA AMARILLA	37
vi) HUASCO	49
vii) CATEMU – LLAY LLAY	69
viii) QUINTERO - PUCHUNCAVÍ	77

ix) MACHALÍ - COYA _____	93
x) CORONEL – LOTA – HUALPÉN - TALCAHUANO _____	101
2.3.3. Análisis estadístico _____	123
2.3.4. Uso del percentil 99 _____	125
2.3.5. Análisis Meteorológico _____	128
i) TOCOPILLA. ESTACIÓN E-10 (meteorología y concentraciones) _____	130
ii) CALAMA. ESTACION SERVICIO MEDICO LEGAL (meteorología y concentraciones) _____	132
iii) MEJILLONES. ESTACIÓN SUBESTACIÓN ELÉCTRICA (meteorología y concentraciones) _____	134
iv) a.- ANTOFAGASTA - LA NEGRA. ESTACIÓN SUR (meteorología y concentraciones) _____	136
iv) b.- ANTOFAGASTA – LA NEGRA. ESTACIÓN COVIEFI (meteorología y concentraciones) _____	138
v) a.- COIAPÓ – PAIPOTE – TIERRA AMARILLA. ESTACIÓN PAIPOTE (meteorología y concentraciones) _____	141
v) b.- COIAPÓ – PAIPOTE – TIERRA AMARILLA. ESTACIÓN TIERRA AMARILLA (meteorología y concentraciones) _____	143
vi) a.- HUASCO. SM1 ESTACIÓN CARRETERA KM 40 (meteorología) y SM9 COMPAÑÍA DE BOMBEROS HUASCO BAJO (concentraciones) _____	146
vi) b.- HUASCO. ESTACIÓN INTERIOR CENTRAL TERMOELÉCTRICA HUACOLDA (meteorología) y ESCUELA JOSE MIGUEL CARRERA (concentraciones) _____	148
vii) CATEMU - LLAY LLAY. ESTACIÓN METEOROLÓGICA (meteorología) y SANTA MARGARITA (concentraciones) _____	151
viii) a.- QUINTERO - PUCHUNCAVÍ. ESTACIÓN LOS MAITENES (meteorología y concentraciones) _____	153
viii) b.- QUINTERO – PUCHUNCAVÍ. ESTACIÓN GNL QUINTERO (meteorología y concentraciones) _____	155
ix) MACHALÍ-COYA. ESTACIÓN COYA CLUB (meteorología y concentraciones) _____	158
x) CORONEL-LOTA-HUALPÉN-TALCAHUANO. ESTACIÓN HUALPÉN (meteorología) y JUNJI (concentraciones) _____	160
2.4. Conclusiones _____	162
<b>3. EFECTOS DEL SO<sub>2</sub> EN LA SALUD DE LAS PERSONAS _____</b>	<b>167</b>
3.1. Epidemiología _____	167
3.1.1. Resumen _____	167
3.1.2. Metodología _____	169
3.1.3. Evidencia epidemiológica en Chile _____	174
Estudios epidemiológicos sobre el Asma _____	174
Carga Global de enfermedad atribuible a contaminación por SO <sub>2</sub> _____	180
3.1.4. Evidencia epidemiológica internacional _____	183
3.1.5. Discusión _____	201
3.2. Toxicología _____	201
3.2.1. Efectos del SO <sub>2</sub> en humanos _____	201
3.2.2. Discusión _____	218
<b>4. ESTIMACIÓN DE LOS RIESGOS EN LA SALUD POR SO<sub>2</sub> _____</b>	<b>220</b>
4.1. Metodología de búsqueda bibliográfica _____	220
4.1.1. Estudios seleccionados _____	221

4.2.	Desarrollo de niveles de referencia para el SO <sub>2</sub>	230
4.2.1.	Metodología USEPA NAAQS	230
4.2.2.	Metodología World Health Organization	233
4.2.3.	Metodología National Research Council /National Academy of Sciences (NRC/NAS): Niveles Guía de Exposición Aguda (AEGs)	235
<b>5.</b>	<b><i>EVALUACIÓN DE ESCENARIOS REGULATORIOS</i></b>	<b>251</b>
5.1.	Criterios para revisar las normas ambientales	251
5.2.	Evaluación de escenarios normativos	252
5.2.1.	Metodología	252
5.2.2.	Resultados	254
	Situación de superación de niveles de SO <sub>2</sub> , resolución horaria	254
i)	Tocopilla	254
ii)	Calama	256
iii)	Mejillones	258
iv)	Antofagasta – La Negra (Sur y Coviefi)	260
v)	Copiapó (Paipote y Tierra Amarilla)	264
vi)	Huasco (Compañía de Bomberos Huasco Bajo y Escuela José Miguel Carrera)	268
vii)	Catemu – Llay Llay	272
viii)	Quintero – Puchuncaví (Los Maitenes y GNL)	274
ix)	Machalí – Coya	278
x)	Coronel – Lota – Hualpén - Talcahuano	280
	Situación de superación de niveles de SO <sub>2</sub> , resolución diaria	282
i)	Tocopilla	282
ii)	Calama	284
iii)	Mejillones	286
iv)	Antofagasta – La Negra (Sur y Coviefi)	288
v)	Copiapó – Paipote – Tierra Amarilla (Paipote y Tierra Amarilla)	292
vi)	Huasco (SM3 Compañía de Bomberos Huasco Bajo y SM9 Escuela José Miguel Carrera)	296
vii)	Catemu – Llay Llay	300
viii)	Quintero – Puchuncaví (Los Maitenes y GNL Quintero)	302
ix)	Machalí – Coya	306
x)	Coronel – Lota – Hualpén - Talcahuano	308
	Situación de superación de niveles de SO <sub>2</sub> , resolución anual	310
i)	Tocopilla	310
ii)	Calama, estación SML	311
iii)	Mejillones	312
iv)	Antofagasta – La Negra (Sur y Coviefi)	313
v)	Copiapó – Paipote – Tierra Amarilla (Paipote y Tierra Amarilla)	315
vi)	Huasco (SM3 Compañía de Bomberos Huasco Bajo y SM9 Escuela JM Carrera)	317
vii)	Catemu – Llay Llay	319
viii)	Quintero – Puchuncaví (Los Maitenes y GNL Quintero)	320
ix)	Machalí – Coya	322
x)	Coronel – Lota – Hualpén – Talcahuano	323
5.2.3.	Conclusiones	324

5.3.	Evaluación de los riesgos a la salud por la exposición al SO <sub>2</sub>	330
5.3.1.	Resumen	330
5.3.2.	Generalidades	333
5.3.3.	Metodología	333
5.3.4.	Caracterización de la exposición	333
	Punto de contacto o punto de exposición entre contaminante y receptor	333
	Ubicación de las estaciones de monitoreo	334
	Concentración representativa de SO <sub>2</sub>	334
5.3.5.	Escenarios de Exposición y Receptores Seleccionados	336
5.3.6.	Niveles de referencia para el SO <sub>2</sub>	338
5.3.7.	Bases científicas para los AEGLs	339
5.3.8.	Dosis de exposición aguda por inhalación de SO <sub>2</sub>	339
5.3.9.	Evaluación de la exposición breve para el SO <sub>2</sub>	341
	Localidad 1: Tocopilla (Estación Escuela E10)	341
	Localidad 2: Calama (Estación SML)	342
	Localidad 3: Mejillones (Estación Sub Estación Eléctrica)	343
	Localidad 4: Antofagasta (Estación Sur)	344
	Localidad 5: Copiapó-Paipote-Tierra Amarilla (Estación Paipote)	345
	Localidad 5: Copiapó-Paipote-Tierra Amarilla (Estación Tierra Amarilla)	346
	Localidad 6: Huasco (Estación SM3 Compañía de Bomberos Huasco Bajo)	347
	Localidad 6: Huasco (Estación Escuela JMC)	348
	Localidad 7: Catemu-Llay Llay (Estación Santa Margarita)	349
	Localidad 8: Quintero-Puchuncaví (Estación Los Maitenes)	350
	Localidad 8: Quinteros-Puchuncaví (Estación GNL Quintero)	351
	Localidad 9: Coya-Machalí (Estación Coya Club)	352
	Localidad 10: Coronel-Lota-Huelpén (Junji)	353
5.3.10.	Caracterización de los riesgos en salud	354
5.3.11.	Evaluación y análisis de la incertidumbre	356
	Bases conceptuales del problema	356
	Variabilidad, estocasticidad, o incertidumbre tipo A	356
	Verdadera incertidumbre o incertidumbre tipo B	356
	Incertidumbre en la información de toxicidad y efectos en la salud	357
	Incertidumbre en la evidencia de las variables	357
	Fuentes de incertidumbre en la estimación de exposición al contaminante	358
	Incertidumbre en los modelos de migración ambiental, exposición y riesgo	358
	Conclusiones del análisis de incertidumbre	358
5.3.12.	Conclusiones de la evaluación de riesgo	359
5.4.	Evaluación económica y social	360
5.4.1.	Introducción: Fundamentos conceptuales del análisis	360
5.4.2.	Antecedentes generales	363
5.4.3.	Análisis de costo - beneficio	374
5.4.4.	Análisis socioeconómico	377
5.4.5.	Conclusiones: Aspectos destacados	381
5.4.6.	Recomendaciones	382
6.	<b>DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b>	<b>384</b>

6.1.	Introducción _____	384
6.2.	Gobernanza y política pública _____	385
6.2.1.	Gobernanza _____	385
6.2.2.	Evaluación de política pública _____	386
6.2.3.	Discusión de Aproximaciones Económicas para los proyectos públicos _____	387
6.2.4.	Limitaciones del Análisis Costo Beneficio _____	388
6.2.5.	Análisis Institucional: Coherencia Normativa _____	390
6.2.6.	Justicia Ambiental _____	391
6.2.7.	Ganancias Ambientales _____	391
6.2.8.	Aproximación Multicriterio para la decisión de escenarios de calidad del Aire _____	392
6.3.	Enfoques normativos para la propuesta de escenarios _____	393
6.3.1.	Resumen de propuestas norma primaria SO <sub>2</sub> considerando criterios y niveles _____	395
6.4.	Niveles de emergencia _____	397
6.4.1.	Resumen de propuestas niveles de emergencia SO <sub>2</sub> _____	398
6.5.	Recomendaciones _____	400
7.	<i>SEMINARIO</i> _____	402
	<i>Anexo 1: Ubicación geográfica de las estaciones de calidad del aire consideradas en el estudio</i> _____	404
	<i>Anexo 2: Estadística descriptiva</i> _____	422
	<i>Anexo 3: Tratamiento de la información</i> _____	446

## Índice de Tablas

Tabla 1. Zonas Priorizadas para el estudio	8
Tabla 2. Estaciones de calidad del aire por zona industrial priorizada	9
Tabla 3. Resolución temporal de los datos entregados por el M.M.A.	10
Tabla 4. Estadística descriptiva estaciones de calidad del aire de Tocopilla (en $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )	124
Tabla 5. Percentiles para estaciones de calidad del aire de Tocopilla (en $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )	124
Tabla 6 Percentil 99 para estaciones de calidad del aire consideradas en el estudio	126
Tabla 7. Estimación de la Velocidad del Viento basada en la Escala Beaufort	128
Tabla 8. Resumen de concentraciones y velocidades por dirección del viento, estación E-10	131
Tabla 9. Resumen de concentraciones y velocidades por dirección del viento, estación Servicio Médico Legal	133
Tabla 10. Resumen de concentraciones y velocidades por dirección del viento, estación Subestación Eléctrica	135
Tabla 11. Resumen de concentraciones y velocidades por dirección del viento, estación Sur	139
Tabla 12. Resumen de concentraciones y velocidades por dirección del viento, estación Coviefj	140
Tabla 13. Resumen de concentraciones y velocidades por dirección del viento, estación Paipote	144
Tabla 14. Resumen de concentraciones y velocidades por dirección del viento, estación Tierra Amarilla	145
Tabla 15. Resumen de concentraciones y velocidades por dirección del viento, estaciones Km 40 y Segunda Compañía de Bomberos	149
Tabla 16. Resumen de concentraciones y velocidades por dirección del viento, estaciones Interior Termoeléctrica y Escuela José Miguel Carrera	150
Tabla 17. Resumen de concentraciones y velocidades por dirección del viento, estaciones Meteorológica y Santa Margarita	152
Tabla 18. Resumen de concentraciones y velocidades por dirección del viento, estación Los Maitenes	156
Tabla 19. Resumen de concentraciones y velocidades por dirección del viento, estación GNL Quintero	157
Tabla 20. Resumen de concentraciones y velocidades por dirección del viento, estación Coya Club	159
Tabla 21. Resumen de concentraciones y velocidades por dirección del viento, estaciones Hualpén y Junji	161
Tabla 22 Tendencia de las estaciones por zona en las concentraciones, según análisis de regresión lineal.	162
Tabla 23 Promedio percentil 99 de $\text{SO}_2$ , últimos tres años. Orden descendente.	164
Tabla 24 Tabla resumen de umbrales del viento que favorecen altas concentraciones de $\text{SO}_2$ .	165
Tabla 25. Efectos sobre la salud considerados en la evaluación del beneficio de la regulación del $\text{SO}_2$	168
Tabla 26. Revisiones Sistemáticas sobre los efectos de la contaminación atmosférica por $\text{SO}_2$ , publicaciones PubMed 2014-2004	172
Tabla 27. Prevalencia percibida de Asma, ENS (2009-2010)	177
Tabla 28. Tratamiento del Asma ENS (2009-2010)	179
Tabla 29. Tratamiento del Asma, ENS (2009-2010)	180
Tabla 30. Publicaciones científicas sobre efectos del $\text{SO}_2$ en Chile	181
Tabla 31. Funciones de riesgo del $\text{SO}_2$ utilizadas para el cálculo de los AVISA	182
Tabla 32. Estimación de AVISA atribuible por enfermedades asociadas a la exposición a $\text{SO}_2$	183
Tabla 33. Carga global de Enfermedad atribuible a la exposición a $\text{SO}_2$ , estimación país	183
Tabla 34. Meta – análisis, efectos sobre la salud de la exposición a $\text{SO}_2$	189
Tabla 35. Publicaciones sin hallazgo de efectos por $\text{SO}_2$ , por tipo de efecto estudiado	190
Tabla 36. publicaciones que reportan efectos del $\text{SO}_2$	193

Tabla 37. Efectos respiratorios asociados con exposición de corto tiempo al SO <sub>2</sub> : Hallazgos en estudios clínicos humanos – 1 a 5 minutos de exposición. _____	222
Tabla 38. Efectos respiratorios asociados con exposición de corto tiempo al SO <sub>2</sub> : Hallazgos en estudios clínicos humanos – 6 a 10 minutos de exposición. _____	222
Tabla 39. Efectos respiratorios asociados con exposición de corto tiempo al SO <sub>2</sub> : Hallazgos en estudios clínicos humanos – 11 a 30 minutos de exposición. _____	223
Tabla 40. Efectos respiratorios asociados con exposición de corto tiempo al SO <sub>2</sub> : Hallazgos en estudios clínicos humanos – 31 minutos a 4 horas de exposición. _____	223
Tabla 41. Efectos respiratorios asociados con exposición de corto tiempo al SO <sub>2</sub> : Hallazgos en estudios clínicos humanos > 4 horas de exposición. _____	224
Tabla 42. No efectos asociados con exposición de corto tiempo al SO <sub>2</sub> : _____	224
Tabla 43. Efectos respiratorios “positivos” asociados con exposición de corto tiempo al SO <sub>2</sub> : Hallazgos en estudios toxicológicos con animales por sobre 2 horas de exposición. _____	224
Tabla 44. Efectos claves en la salud humana por exposición a peaks en adultos sanos _____	226
Tabla 45. Ejemplo de una estimación de efectos en la salud asociados a SO <sub>2</sub> _____	234
Tabla 46. Concentraciones AEGL para el SO <sub>2</sub> _____	237
Tabla 47. Peso de evidencia para AEGL-1 _____	238
Tabla 48. Resultados seleccionados de exposición a SO <sub>2</sub> en humanos no asmáticos _____	239
Tabla 49. Resultados seleccionados de exposición a SO <sub>2</sub> en humanos asmáticos _____	240
Tabla 50. Guía para exposición aguda de SO <sub>2</sub> (AEGL-2) _____	242
Tabla 51. Peso de evidencia para AEGL-2 _____	242
Tabla 52. Episodios en que los niveles de SO <sub>2</sub> detectados superaron el AEGL-2, medidos por la Red Codelco/Gener _____	246
Tabla 53. Estaciones donde AEGL-1 < SO <sub>2</sub> < AEGL-2 _____	247
Tabla 54. SO <sub>2</sub> Normativa Internacional _____	252
Tabla 55. Escenarios normativos considerados en el estudio _____	253
Tabla 56. Resumen de horas que superan los valores límite propuestos para la norma horaria periodo 2011-2013 _____	325
Tabla 57. Resumen de días que superan los valores límite propuestos para la norma diaria periodo 2011-2013 _____	326
Tabla 58. Promedio anuales de concentraciones de SO <sub>2</sub> por zona y estación, periodo 2011-2013. _____	327
Tabla 59. N° de horas que han superado los umbrales de concentración de SO <sub>2</sub> vigentes para normativa chilena. Periodo 2011 – 2013. _____	328
Tabla 60: Número de veces en que el SO <sub>2</sub> excedió un respectivo AEGL _____	330
Tabla 61: Puntos de contacto identificados para receptores genéricos _____	334
Tabla 62. Concentración de SO <sub>2</sub> en Estaciones de Monitoreo _____	335
Tabla 63: Escenarios de Exposición _____	337
Tabla 64: Análisis de Exposición Aguda Zona 1: Tocopilla (Estación Escuela E10) _____	341
Tabla 65: Análisis de Exposición Aguda Zona 2: Calama (Estación SML) _____	342
Tabla 66: Análisis de Exposición Aguda Zona 3: Mejillones (Estación Sub Estación Eléctrica) _____	343
Tabla 67: Análisis de Exposición Aguda Zona 4: Antofagasta (Estación Sur) _____	344
Tabla 68: Análisis de Exposición Aguda Zona 5: Copiapó-Paipote-Tierra Amarilla (Estación Paipote) _____	345
Tabla 69: Análisis de Exposición Aguda Zona 5: Copiapó-Paipote-Tierra Amarilla (Estación Tierra Amarilla) _____	346
Tabla 70: Análisis de Exposición Aguda Zona 6: Huasco (Estación SM3 Compañía de Bomberos Huasco Bajo) _____	347
Tabla 71: Análisis de Exposición Aguda Zona 6: Huasco (Estación SM9 Escuela JMC) _____	348

<i>Tabla 72: Análisis de Exposición Aguda Zona 7: Catemu-Llay Llay (Estación Santa Margarita)</i>	349
<i>Tabla 73: Análisis de Exposición Aguda Zona 8: Quintero-Puchuncaví (Estación Los Maitenes)</i>	350
<i>Tabla 74: Análisis de Exposición Aguda Zona 8: Quintero-Puchuncaví (Estación GNL Quintero)</i>	351
<i>Tabla 75: Análisis de Exposición Aguda Zona 9: Coya-Machalí (Estación Coya Club)</i>	352
<i>Tabla 76: Análisis de Exposición Aguda Zona 10: Coronel-Lota-Huelpén (Junji)</i>	353
<i>Tabla 77: [SO<sub>2</sub>] que excede el Nivel de Referencia</i>	354
<i>Tabla 78. Instrumentos Regulatorios vigentes para el SO<sub>2</sub>.</i>	363
<i>Tabla 79. Escenarios de normativa para el SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>).</i>	363
<i>Tabla 80. Descripción de Beneficios.</i>	375
<i>Tabla 81. Repartición de costos entre instrumentos normativos.</i>	376
<i>Tabla 82. Costos y beneficios identificados para actores relevantes.</i>	380
<i>Tabla 83. Resumen de la análisis cualitativo de los criterios identificados para la recomendación de un escenario normativo.</i>	393
<i>Tabla 84 Niveles de concentración horaria analizados según criterios</i>	395
<i>Tabla 85 Niveles de concentración diaria analizados según criterios</i>	395
<i>Tabla 86 Niveles de concentración anual analizados según criterios</i>	396
<i>Tabla 87: Propuesta de Formato Seminario</i>	402



## Índice de Figuras

Figura 1. Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación escuela E-10, Tocopilla	17
Figura 2. Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación escuela E-10, Tocopilla, zoom a 600 µg/m <sup>3</sup> N.	18
Figura 3 Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Gobernación, Tocopilla	19
Figura 4. Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Gobernación, Tocopilla, zoom a 200 µg/m <sup>3</sup> N.	20
Figura 5. Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO <sub>2</sub> Estación Servicio Médico Legal (SML), Calama	21
Figura 6. Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Servicio Médico Legal (SML), Calama, zoom a 200 µg/m <sup>3</sup> N.	22
Figura 7. Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Hospital del Cobre, Calama	23
Figura 8. Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Hospital del Cobre, Calama, zoom a 400 µg/m <sup>3</sup> N.	24
Figura 9. Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Ferrocarriles, Mejillones	25
Figura 10. Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Ferrocarriles, Mejillones, zoom a 100 µg/m <sup>3</sup> N.	26
Figura 11. Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación JJ Latorre, Mejillones	27
Figura 12. Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación JJ Latorre, Mejillones, zoom a 100 µg/m <sup>3</sup> N.	28
Figura 13. Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Subestación Eléctrica, Mejillones	29
Figura 14. Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Subestación Eléctrica, Mejillones, zoom a 100 µg/m <sup>3</sup> N.	30
Figura 15. Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Norte, La Negra.	31
Figura 16. Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Norte, La Negra, zoom a 2000 µg/m <sup>3</sup> N.	32
Figura 17. Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Sur, La Negra	33
Figura 18. Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Sur, La Negra, zoom a 3000 µg/m <sup>3</sup> N.	34
Figura 19. Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Coviefi, Antofagasta	35
Figura 20. Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Coviefi, Antofagasta, zoom a 2000 µg/m <sup>3</sup> N.	36
Figura 21. Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Copiapó, Copiapó	37
Figura 22. Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Copiapó, Copiapó, zoom a 1000 µg/m <sup>3</sup> N.	38
Figura 23. Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Los Volcanes, Copiapó	39
Figura 24. Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Los Volcanes, Copiapó, zoom a 1000 µg/m <sup>3</sup> N.	40
Figura 25. Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación San Fernando, Paipote	41
Figura 26. Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación San Fernando, Paipote, zoom a 1000 µg/m <sup>3</sup> N.	42
Figura 27. Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Paipote, Paipote	43
Figura 28. Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Paipote, Paipote, zoom a 2000 µg/m <sup>3</sup> N.	44

Figura 29. Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Tierra Amarilla, Tierra Amarilla	45
Figura 30. Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Tierra Amarilla, Tierra Amarilla, zoom a 2000 µg/m <sup>3</sup> N.	46
Figura 31. Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Pabellón, Tierra Amarilla	47
Figura 32. Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Pabellón, Tierra Amarilla, zoom a 1000 µg/m <sup>3</sup> N.	48
Figura 33. Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación SM1 Vertedero, Huasco	49
Figura 34. Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación SM1 Vertedero, Huasco, zoom a 400 µg/m <sup>3</sup> N.	50
Figura 35. Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación SM2 Quinta La Rosa , Huasco	51
Figura 36. Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación SM2 Quinta La Rosa , Huasco, zoom a 400 µg/m <sup>3</sup> N.	52
Figura 37. Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación SM3 Compañía de Bomberos Huasco Bajo, Huasco	53
Figura 38. Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación SM3 Compañía de Bomberos Huasco Bajo, Huasco, zoom a 400 µg/m <sup>3</sup> N.	54
Figura 39. Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación SM4 Carretera Km 40, Huasco.	55
Figura 40. Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación SM4 Carretera Km 40, Huasco, zoom a 400 µg/m <sup>3</sup> N.	56
Figura 41. Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación SM5 Parcela 5 El Pino, Huasco	57
Figura 42. Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación SM5 Parcela 5 El Pino, Huasco zoom a 400 µg/m <sup>3</sup> N.	58
Figura 43. Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación SM6 Parcela Buena Esperanza, Huasco	59
Figura 44. Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación SM6 Parcela Buena Esperanza, Huasco, zoom a 400 µg/m <sup>3</sup> N.	60
Figura 45. Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación SM7 Los Loros, Huasco	61
Figura 46. Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación SM7 Los Loros, Huasco, zoom a 400 µg/m <sup>3</sup> N.	62
Figura 47. Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación SM8 Freirina, Huasco	63
Figura 48. Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación SM8 Freirina, Huasco, zoom a 300 µg/m <sup>3</sup> N.	64
Figura 49. Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación SM9 Escuela JM Carrera, Huasco	65
Figura 50. Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación SM9 Escuela JM Carrera, Huasco, zoom a 400 µg/m <sup>3</sup> N.	66
Figura 51. Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación SM10 Compañía de Bomberos EME, Huasco	67
Figura 52. Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación SM10 Compañía de Bomberos EME, Huasco, zoom a 400 µg/m <sup>3</sup> N.	68
Figura 53 Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Lo Campo, Catemu – Llay Llay.	69
Figura 54 Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Lo Campo, Catemu – Llay Llay, zoom a 1000 µg/m <sup>3</sup> N.	70
Figura 55 Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Santa Margarita, Catemu – Llay Llay.	71

<i>Figura 56 Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO<sub>2</sub>. Estación Santa Margarita, Catemu – Llay Llay, zoom a 1000 µg/m<sup>3</sup>N.</i>	72
<i>Figura 57 Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO<sub>2</sub>. Estación Catemu, Catemu – Llay Llay.</i>	73
<i>Figura 58 Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO<sub>2</sub>. Estación Catemu, Catemu – Llay Llay, zoom a 1000 µg/m<sup>3</sup>N.</i>	74
<i>Figura 59 Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO<sub>2</sub>. Estación Romeral, Catemu – Llay Llay.</i>	75
<i>Figura 60 Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO<sub>2</sub>. Estación Romeral, Catemu – Llay Llay, zoom a 1000 µg/m<sup>3</sup>N.</i>	76
<i>Figura 61 Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO<sub>2</sub>. Estación La Greda, Quintero – Puchuncaví.</i>	77
<i>Figura 62 Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO<sub>2</sub>. Estación La Greda, Quintero – Puchuncaví, zoom a 2000 µg/m<sup>3</sup>N.</i>	78
<i>Figura 63 Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO<sub>2</sub>. Estación Los Maitenes, Quintero – Puchuncaví.</i>	79
<i>Figura 64 Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO<sub>2</sub>. Estación Los Maitenes, Quintero – Puchuncaví, zoom a 2000 µg/m<sup>3</sup>N.</i>	80
<i>Figura 65 Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO<sub>2</sub>. Estación Puchuncaví, Quintero – Puchuncaví.</i>	81
<i>Figura 66 Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO<sub>2</sub>. Estación Puchuncaví, Quintero – Puchuncaví, zoom a 2000 µg/m<sup>3</sup>N.</i>	82
<i>Figura 67 Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO<sub>2</sub>. Estación Sur, Quintero – Puchuncaví.</i>	83
<i>Figura 68 Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO<sub>2</sub>. Estación Sur, Quintero – Puchuncaví, zoom a 3000 µg/m<sup>3</sup>N.</i>	84
<i>Figura 69 Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO<sub>2</sub>. Estación Valle Alegre, Quintero – Puchuncaví.</i>	85
<i>Figura 70 Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO<sub>2</sub>. Estación Valle Alegre, Quintero – Puchuncaví, zoom a 1500 µg/m<sup>3</sup>N.</i>	86
<i>Figura 71 Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO<sub>2</sub>. Estación Ventanas, Quintero – Puchuncaví.</i>	87
<i>Figura 72 Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO<sub>2</sub>. Estación Ventanas, Quintero – Puchuncaví, zoom a 1500 µg/m<sup>3</sup>N.</i>	88
<i>Figura 73 Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO<sub>2</sub>. Estación Quintero, Quintero – Puchuncaví.</i>	89
<i>Figura 74 Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO<sub>2</sub>. Estación Ventanas, Quintero – Puchuncaví, zoom a 3000 µg/m<sup>3</sup>N.</i>	90
<i>Figura 75 . Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO<sub>2</sub>. Estación GNL Quintero, Quintero – Puchuncaví.</i>	91
<i>Figura 76 Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO<sub>2</sub>. Estación GNL Quintero, Quintero – Puchuncaví, zoom a 4000 µg/m<sup>3</sup>N.</i>	92
<i>Figura 77 Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO<sub>2</sub>. Estación Coya Club, Machalí – Coya.</i>	93
<i>Figura 78 Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO<sub>2</sub>. Estación Coya Club, Machalí - Coya, zoom a 2000 µg/m<sup>3</sup>N.</i>	94
<i>Figura 79 Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO<sub>2</sub>. Estación Coya Población, Machalí – Coya.</i>	95
<i>Figura 80 Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO<sub>2</sub>. Estación Coya Población, Machalí – Coya, zoom a 2000 µg/m<sup>3</sup>N.</i>	96
<i>Figura 81 Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO<sub>2</sub>. Estación Cauquenes, Machalí – Coya.</i>	97

Figura 82 Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Cauquenes, Machalí – Coya, zoom a 2000 µg/m <sup>3</sup> N.	98
Figura 83 Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Cipreses, Machalí – Coya.	99
Figura 84 Promedio fijo de 10 minutos de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Cipreses, Machalí – Coya, zoom a 1000 µg/m <sup>3</sup> N.	100
Figura 85 Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación CAP, Talcahuano.	101
Figura 86 Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación CAP, Talcahuano, zoom a 200 µg/m <sup>3</sup> N.	102
Figura 87 Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Inpesca, Talcahuano.	103
Figura 88 Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Inpesca, Talcahuano, zoom a 250 µg/m <sup>3</sup> N.	104
Figura 89 Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Indura, Talcahuano.	105
Figura 90 Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Indura, Talcahuano, zoom a 200 µg/m <sup>3</sup> N.	106
Figura 91 Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Junji, Hualpén.	107
Figura 92 Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Junji, Hualpén, zoom a 250 µg/m <sup>3</sup> N.	108
Figura 93 Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Price, Hualpén.	109
Figura 94 Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Price, Hualpén, zoom a 200 µg/m <sup>3</sup> N.	110
Figura 95 Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Lagunillas, Coronel.	111
Figura 96 Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Lagunillas, Coronel, zoom a 150 µg/m <sup>3</sup> N.	112
Figura 97 Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Coronel Norte, Coronel.	113
Figura 98 Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Coronel Norte, Coronel, zoom a 250 µg/m <sup>3</sup> N.	114
Figura 99 Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Cerro Merquín, Coronel.	115
Figura 100 Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Cerro Merquín, Coronel, zoom a 150 µg/m <sup>3</sup> N.	116
Figura 101 Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Coronel Sur, Coronel.	117
Figura 102 Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Coronel Sur, Coronel, zoom a 150 µg/m <sup>3</sup> N.	118
Figura 103 Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Lota Urbana, Lota.	119
Figura 104 Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Lota Urbana, Lota, zoom a 150 µg/m <sup>3</sup> N.	120
Figura 105 Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Lota Rural, Lota.	121
Figura 106 Promedio fijo de 1 hora de concentraciones de SO <sub>2</sub> . Estación Lota Rural, Lota, zoom a 250 µg/m <sup>3</sup> N.	122
Figura 107. Análisis meteorológico, Tocopilla, estación Escuela E-10, 2011-2013	130
Figura 108. Análisis meteorológico, zona Calama, estación Servicio Médico Legal, 2012-2013	132
Figura 109. Análisis meteorológico, zona Mejillones, estación Subestación Eléctrica, 2011-2013	134
Figura 110. Análisis meteorológico, zona Antofagasta-La Negra, estación Sur, 2011-2013	136
Figura 111. Análisis meteorológico, zona Antofagasta-La Negra, estación Coviefi, 2011-2013	138
Figura 112. Análisis meteorológico, zona Paipote, estación Paipote, 2011-2013	141
Figura 113. Análisis meteorológico, zona Paipote, estación Tierra Amarilla, 2011-2013	143
Figura 114. Análisis meteorológico, zona Huasco, estación Compañía de Bomberos Huasco Bajo, 2011-2013	146

Figura 115. Análisis meteorológico, zona Huasco, estación Escuela JMC, 2011-2013	148
Figura 116. Análisis meteorológico, zona Catemu-Llay Llay, estación Santa Margarita, 2011-2013	151
Figura 117. Análisis meteorológico, zona Quintero-Puchuncaví, estación Los Maitenes, 2011-2013	153
Figura 118. Análisis meteorológico, zona Quintero-Puchuncaví, estación GNL Quintero, 2011-2013	155
Figura 119. Análisis meteorológico, zona Machalí-Coya, estación Coya Club, 2011-2013	158
Figura 120. Análisis meteorológico, zona Coronel-Lota-Hualpén-Talcahuano estación Junji, 2011-2013	160
Figura 121. N° de eventos hospitalarios por asma, Chile 2001-2011.	176
Figura 122. Edad de diagnóstico del Asma, Chile, ENS (2009-2010)	178
Figura 123. Porcentaje de resultados con asociación entre exposición a SO <sub>2</sub> y distintos efectos sobre la salud (N° total de publicaciones: 43). Fuente: Elaboración propia a partir de revisión sistemática con buscador PubMed.	184
Figura 124. Tipo de efecto estudiado (N° total de publicaciones: 143). Fuente: Elaboración propia a partir de revisión sistemática con buscador PubMed.	185
Figura 125. Resultados de la concordancia en la asociación entre exposición a SO <sub>2</sub> y distintos tipos de efectos (%). Fuente: Elaboración propia a partir de revisión sistemática con buscador PubMed.	186
Figura 126. Tipo de efectos significativos reportados por 106 publicaciones (2004-2014). Fuente: elaboración propia a partir de revisión sistemática PubMed	187
Figura 127. Mortalidad asociada positivamente a la exposición a SO <sub>2</sub> (N = 21 estudios). Fuente: elaboración propia a partir de revisión sistemática PubMed	187
Figura 128. Ejemplo de una estimación de efectos en la salud asociados con SO <sub>2</sub> y para una ciudad hipotética usando la metodología Toolbox 10.	234
Figura 129. Ejemplo de valores horarios de SO <sub>2</sub> , entre el 23 y 25 de mayo de 2011	245
Figura 130. Ejemplo de valores horarios de SO <sub>2</sub> , entre el 6 y 8 junio de 2011	245
Figura 131. Representación de los cocientes de riesgo para receptores expuestos a tres concentraciones de SO <sub>2</sub> en aire. Un AEGL-1 ≤ 0,52 mg/m <sup>3</sup> es un supuesto nivel inocuo de exposición y para una exposición de 10 minutos corresponde a un cociente de riesgo CR≤1. Mientras la exposición ocurra a niveles de SO <sub>2</sub> AEGL≤ 0,52 mg/m <sup>3</sup> , el riesgo no va a sobrepasar el CR≤1.	250
Figura 132. Concentraciones horarias y escenarios regulatorios propuestos estación Escuela E-10, Tocopilla	254
Figura 133. Superación de valores propuestos para la norma horaria estación Escuela E-10, Tocopilla	255
Figura 134. Concentraciones horarias y escenarios regulatorios propuestos estación SML, Calama	256
Figura 135. Superación de valores propuestos para la norma horaria estación SML, Calama	257
Figura 136. Concentraciones horarias y escenarios regulatorios propuestos estación Subestación Eléctrica, Mejillones	258
Figura 137. Superación de valores propuestos para la norma horaria estación Subestación Eléctrica, Mejillones	259
Figura 138. Concentraciones horarias y escenarios regulatorios propuestos estación Sur, Antofagasta – La Negra	260
Figura 139. Superación de valores propuestos para la norma horaria estación Sur, Antofagasta - La Negra	261
Figura 140. Concentraciones horarias y escenarios regulatorios propuestos estación Coviefi, Antofagasta – La Negra	262
Figura 141. Superación de valores propuestos para la norma horaria estación Coviefi, Antofagasta - La Negra	263
Figura 142. Concentraciones horarias y escenarios regulatorios propuestos estación Paipote, Copiapó	264
Figura 143. Superación de valores propuestos para la norma horaria estación Paipote, Copiapó	265

<i>Figura 144. Concentraciones horarias y escenarios regulatorios propuestos estación Tierra Amarilla, Copiapó</i>	266
<i>Figura 145. Superación de valores propuestos para la norma horaria estación Tierra Amarilla, Copiapó</i>	267
<i>Figura 146. Concentraciones horarias y escenarios regulatorios propuestos estación Compañía de Bomberos Huasco Bajo, Huasco</i>	268
<i>Figura 147. Superación de valores propuestos para la norma horaria estación SM9 Compañía de Bomberos Huasco Bajo, Huasco</i>	269
<i>Figura 148. Concentraciones horarias y escenarios regulatorios propuestos estación Escuela J.M. Carrera, Huasco</i>	270
<i>Figura 149. Superación de valores propuestos para la norma horaria estación Escuela J.M. Carrera, Huasco</i>	271
<i>Figura 150. Concentraciones horarias y escenarios regulatorios propuestos estación Santa Margarita, Catemu – Llay Llay</i>	272
<i>Figura 151. Superación de valores propuestos para la norma horaria estación Santa Margarita, Catemu – Llay Llay</i>	273
<i>Figura 152. Concentraciones horarias y escenarios regulatorios propuestos estación Los Maitenes, Quintero - Puchuncaví</i>	274
<i>Figura 153. Superación de valores propuestos para la norma horaria estación Los Maitenes, Quintero - Puchuncaví</i>	275
<i>Figura 154. Concentraciones horarias y escenarios regulatorios propuestos estación GNL Quintero, Quintero - Puchuncaví</i>	276
<i>Figura 155. Superación de valores propuestos para la norma horaria estación GNL Quintero, Quintero - Puchuncaví</i>	277
<i>Figura 156. Concentraciones horarias y escenarios regulatorios propuestos estación Coya Club, Machalí - Coya</i>	278
<i>Figura 157. Superación de valores propuestos para la norma horaria estación Coya Club, Machalí - Coya</i>	279
<i>Figura 158. Concentraciones horarias y escenarios regulatorios propuestos estación Junji, Coronel – Lota – Hualpén - Talcahuano</i>	280
<i>Figura 159. Superación de valores propuestos para la norma horaria estación Junji, Coronel – Lota – Hualpén – Talcahuano</i>	281
<i>Figura 160. Concentraciones diarias y escenarios regulatorios propuestos estación Escuela E-10, Tocopilla</i>	282
<i>Figura 161. Superación de valores propuestos para la norma diaria estación Escuela E-10, Tocopilla</i>	283
<i>Figura 162. Concentraciones diarias y escenarios regulatorios propuestos estación SML, Calama</i>	284
<i>Figura 163. Superación de valores propuestos para la norma diaria estación SML, Calama</i>	285
<i>Figura 164. Concentraciones diarias y escenarios regulatorios propuestos estación Subestación Eléctrica, Mejillones</i>	286
<i>Figura 165. Superación de valores propuestos para la norma diaria estación Subestación Eléctrica, Mejillones</i>	287
<i>Figura 166. Concentraciones diarias y escenarios regulatorios propuestos estación Sur, Antofagasta – La Negra</i>	288
<i>Figura 167. Superación de valores propuestos para la norma diaria estación Sur, Antofagasta – La Negra</i>	289
<i>Figura 168. Concentraciones diarias y escenarios regulatorios propuestos estación Coviefi, Antofagasta – La Negra</i>	290

<i>Figura 169. Superación de valores propuestos para la norma diaria estación Coviefi, Antofagasta – La Negra</i>	291
<i>Figura 170. Concentraciones diarias y escenarios regulatorios propuestos estación Paipote, Copiapó</i>	292
<i>Figura 171. Superación de valores propuestos para la norma diaria estación Paipote, Copiapó</i>	293
<i>Figura 172. Concentraciones diarias y escenarios regulatorios propuestos estación Tierra Amarilla, Copiapó</i>	294
<i>Figura 173. Superación de valores propuestos para la norma diaria estación Tierra Amarilla, Copiapó</i>	295
<i>Figura 174. Concentraciones diarias y escenarios regulatorios propuestos estación SM3 Compañía de Bomberos Huasco Bajo, Huasco</i>	296
<i>Figura 175. Superación de valores propuestos para la norma diaria estación SM3 Compañía de Bomberos Huasco Bajo, Huasco</i>	297
<i>Figura 176. Concentraciones diarias y escenarios regulatorios propuestos estación SM9 Escuela J.M. Carrera, Huasco</i>	298
<i>Figura 177. Superación de valores propuestos para la norma diaria estación SM9 Escuela J. M. Carrera, Huasco</i>	299
<i>Figura 178. Concentraciones diarias y escenarios regulatorios propuestos estación Santa Margarita, Catemu – Llay Llay</i>	300
<i>Figura 179. Superación de valores propuestos para la norma diaria estación Santa Margarita, Catemu – Llay Llay</i>	301
<i>Figura 180. Concentraciones diarias y escenarios regulatorios propuestos estación Los Maitenes, Quintero - Puchuncaví</i>	302
<i>Figura 181. Superación de valores propuestos para la norma diaria estación Los Maitenes, Quintero - Puchuncaví</i>	303
<i>Figura 182. Concentraciones diarias y escenarios regulatorios propuestos estación GNL Quintero, Quintero - Puchuncaví</i>	304
<i>Figura 183. Superación de valores propuestos para la norma diaria estación GNL Quintero, Quintero - Puchuncaví</i>	305
<i>Figura 184. Concentraciones diarias y escenarios regulatorios propuestos estación Coya Club, Machalí Coya</i>	306
<i>Figura 185. Superación de valores propuestos para la norma diaria estación Coya Club, Machalí - Coya</i>	307
<i>Figura 186. Concentraciones diarias y escenarios regulatorios propuestos estación Junji, Hualpén</i>	308
<i>Figura 187. Superación de valores propuestos para la norma diaria estación junji, Hualpén</i>	309
<i>Figura 188. Concentraciones anuales y escenarios regulatorios propuestos estación Escuela E-10, Tocopilla</i>	310
<i>Figura 189. Concentraciones anuales y escenarios regulatorios propuestos estación SML, Calama</i>	311
<i>Figura 190. Concentraciones anuales y escenarios regulatorios propuestos estación Subestación Eléctrica, Mejillones</i>	312
<i>Figura 191. Concentraciones anuales y escenarios regulatorios propuestos estación Sur, La Negra</i>	313
<i>Figura 192. Concentraciones anuales y escenarios regulatorios propuestos estación Coviefi, Antofagasta</i>	314
<i>Figura 193. Concentraciones anuales y escenarios regulatorios propuestos estación Paipote, Paipote</i>	315
<i>Figura 194. Concentraciones anuales y escenarios regulatorios propuestos estación Tierra Amarilla, Tierra Amarilla</i>	316
<i>Figura 195. Concentraciones anuales y escenarios regulatorios propuestos estación SM3 Compañía de Bomberos Huasco Bajo, Huasco</i>	317
<i>Figura 196. Concentraciones anuales y escenarios regulatorios propuestos estación SM9 Escuela JM Carrera, Huasco</i>	318

Figura 197. Concentraciones anuales y escenarios regulatorios propuestos estación Santa Margarita, Catemu – Llay Llay _____	319
Figura 198. Concentraciones anuales y escenarios regulatorios propuestos estación Los Maitenes, Quintero - Puchuncaví _____	320
Figura 199. Concentraciones anuales y escenarios regulatorios propuestos estación GNL Quintero, Quintero - Puchuncaví _____	321
Figura 200. Concentraciones anuales y escenarios regulatorios propuestos estación Coya Club, Machalí - Coya _____	322
Figura 201. Concentraciones anuales y escenarios regulatorios propuestos estación Junji, Hualpén _____	323
Figura 202. Mediciones de SO <sub>2</sub> (horas) en la Estación Escuela E10 _____	341
Figura 203. Mediciones de SO <sub>2</sub> (10 min) en la Estación SML _____	342
Figura 204. Mediciones de SO <sub>2</sub> (horas) en la Estación Sub Estación Eléctrica _____	343
Figura 205. Mediciones de SO <sub>2</sub> (10 min) en la Estación Sur _____	344
Figura 206. Mediciones de SO <sub>2</sub> (10 min) en la Estación Paipote _____	345
Figura 207. Mediciones de SO <sub>2</sub> (10 min) en la Estación Tierra Amarilla _____	346
Figura 208. Mediciones de SO <sub>2</sub> (horas) en la Estación SM3 Cia. Bomberos _____	347
Figura 209. Mediciones de SO <sub>2</sub> (horas) en la Estación SM9 Escuela JMC _____	348
Figura 210. Mediciones de SO <sub>2</sub> (10 min) en la Estación Santa Margarita _____	349
Figura 211. Mediciones de SO <sub>2</sub> (10 min) en la Estación Los Maitenes _____	350
Figura 212. Mediciones de SO <sub>2</sub> (10 min) en la Estación GNL Quintero _____	351
Figura 213. Mediciones de SO <sub>2</sub> (10 min) en la Estación Coya _____	352
Figura 214. Mediciones de SO <sub>2</sub> (horas) en la Estación Junji _____	353
Figura 215. [SO <sub>2</sub> ] que Excede el Nivel de Referencia _____	355
Figura 216. Promedio anual de incidencias de Urgencias Respiratorias (2010 al 2013). Fuente: Elaboración propia a partir de Deis (www.deis.cl), Censo 2002 y 2012, y Encuesta Casen. _____	365
Figura 217. Riesgo de cuadro respiratorio agudo respecto del promedio del país. Fuente: Elaboración propia a partir de Deis (www.deis.cl), Censo 2002 y 2012, y Encuesta Casen. _____	366
Figura 218. Comparación de incidencia promedio de urgencias de crisis obstructiva bronquial en comuna y región en niños de 1 a 14 años. Fuente: Elaboración propia a partir de Deis (www.deis.cl), Censo 2002 y 2012, y Encuesta Casen. _____	367
Figura 219. Incidencia promedio de urgencias de crisis obstructiva bronquial en comuna y región en adultos de 15 a 64 años. Fuente: Elaboración propia a partir de Deis (www.deis.cl), Censo 2002 y 2012, y Encuesta Casen. _____	368
Figura 220. Comparación de incidencia promedio de urgencias de crisis obstructiva bronquial en comuna y región en adultos mayores de 65 años o más. Fuente: Elaboración propia a partir de Deis (www.deis.cl), Censo 2002 y 2012, y Encuesta Casen. _____	369
Figura 221. Hospitalizaciones por Asma por cada 100.000 habitantes para hombres y mujeres. Fuente: Elaboración propia a partir de Deis (www.deis.cl), Censo 2002 y 2012, y Encuesta Casen. _____	370
Figura 222. Promedio total de Hospitalizaciones por Asma por cada 100 mil habitantes para cada grupo etario (niños, adultos y adultos mayores). Fuente: Elaboración propia a partir de Deis (www.deis.cl), Censo 2002 y 2012, y Encuesta Casen. _____	371
Figura 223. Promedio total de Hospitalizaciones por Asma para cada grupo etario (hombres). Fuente: Elaboración propia a partir de Deis (www.deis.cl), Censo 2002 y 2012, y Encuesta Casen. _____	372
Figura 224. Promedio total de Hospitalizaciones por Asma para cada grupo etario (mujeres). Fuente: Elaboración propia a partir de Deis (www.deis.cl), Censo 2002 y 2012, y Encuesta Casen. _____	373
Figura 225. Actores Impactados por la normativa. _____	378



<i>Figura 226. Figura en que se observan los ocho aspectos fundamentales de la buena gobernanza según Crabbe &amp; Leroy, 2008 (UNESCAP, 2008).</i>	385
<i>Figura 227. Triángulo de criterios jurídicos económicos y políticos para políticas públicas.</i>	387
<i>Figura 228. Muestra la relación de la norma primaria de SO<sub>2</sub> respecto a las otras normas que reducen concentraciones de SO<sub>2</sub>.</i>	390
<i>Figura 229. Niveles de Exposición aguda y significado (AEGL-1, AEGL-2, AEGL-3)</i>	398
<i>Figura 230. Niveles de Emergencia</i>	399
<i>Figura 231 Estaciones de calidad del aire consideradas en Tocopilla.</i>	405
<i>Figura 232 Estaciones de calidad del aire consideradas en Calama.</i>	406
<i>Figura 233 Estaciones de calidad del aire consideradas en Mejillones.</i>	407
<i>Figura 234 Estaciones de calidad del aire consideradas en Antofagasta.</i>	408
<i>Figura 235 Estaciones de calidad del aire consideradas en La Negra.</i>	409
<i>Figura 236 Estaciones de calidad del aire consideradas en Copiapó – Paipote – Tierra Amarilla.</i>	410
<i>Figura 237 Estaciones de calidad del aire consideradas en Copiapó – Paipote – Tierra Amarilla (Copiapó – Paipote).</i>	411
<i>Figura 238 Estaciones de calidad del aire consideradas en Copiapó – Paipote – Tierra Amarilla (Tierra Amarilla).</i>	412
<i>Figura 239 Estaciones de calidad del aire consideradas en Copiapó – Paipote – Tierra Amarilla (Estación Pabellón).</i>	413
<i>Figura 240 Estaciones de calidad del aire consideradas en Huasco.</i>	414
<i>Figura 241 Estaciones de calidad del aire consideradas en Catemu – Llay Llay.</i>	415
<i>Figura 242 Estaciones de calidad del aire consideradas en Quintero – Puchuncaví.</i>	416
<i>Figura 243 Estaciones de calidad del aire consideradas en Machalí – Coya.</i>	417
<i>Figura 244 Estaciones de calidad del aire consideradas en Coronel – Lota – Hualpén – Talcahuano.</i>	418
<i>Figura 245 Estaciones de calidad del aire consideradas en Coronel – Lota – Hualpén – Talcahuano (Hualpén – Talcahuano).</i>	419
<i>Figura 246 Estaciones de calidad del aire consideradas en Coronel – Lota – Hualpén – Talcahuano (Coronel).</i>	420
<i>Figura 247 Estaciones de calidad del aire consideradas en Coronel – Lota – Hualpén – Talcahuano (Lota).</i>	421

## GLOSARIO Y ACRÓNIMOS

$\mu\text{g}/\text{m}^3$	microgramos por metro cúbico
AERMOD	AMS/EPA Regulatory Model (steady-state plume model) (Modelo de dispersión atmosférica)
AHR	airways hyper responsiveness (hiperreactividad vías respiratorias)
AM	alveolar macrophages (macrófagos alveolares)
AST	aspartate-amino-transferase
CALPUFF	Advanced non-steady-state meteorological and air quality modeling system used by the EPA for assessing long range transport of pollutants. (Sistema de modelización meteorológica y calidad del aire utilizado por la EPA para evaluar el transporte de los contaminantes).
EC	European Community (Comunidad Europea)
ED	Emergency department (Departamento de Emergencia)
EPOC	Enfermedades pulmonares obstructivas crónicas
CI	intervalo de confianza
COPD	chronic obstructive pulmonary disease (enfermedad pulmonar obstructiva crónica)
FEV1	forced expiratory volume in 1 second (volumen expiratorio forzada)
FVC	forced vital capacity (capacidad vital forzada)
GSD	geometric standard deviation (desviación estándar geométrica)
h	hour (hora)
IARC	International Agency for Research on Cancer (WHO) (Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer OMS)
ISC3	steady-state Gaussian plume dispersion model used to assess pollutant concentrations from industrial sources (modelo de dispersión gaussiano para evaluar las concentraciones de contaminantes de fuentes industriales)
LC0.01	lethal concentration at which 0.01% of exposed animals die (dosis letal a la cual mueren 0.01% de los animales expuestos)
LD50	dosis letal a la cual mueren 50% de los animales expuestos
LOD	limit of detection (límite de detección)
LOEL	lowest-observed-effect level (nivel más bajo de efectos observados)
LRS	lower respiratory symptoms (síntomas respiratorios bajos)
min	minute (minute)
N, n	number of observations (número de observaciones)
NAS	National Academy of Sciences (Academia Nacional de Ciencias)
NOAEL	no-observed-adverse-effect level (nivel de efectos adversos no observados)
NOEL	no-observed-effect level (nivel de efecto no observado)
NRC	National Research Council (Consejo Nacional de Investigación)
NTP	National Toxicology Program (Programa Nacional de Toxicología)
P5	5th percentile (percentil 5)
P95	95th percentile (percentile 95)
PBEM	population based exposure model (s) (modelo de exposición basado en la población)
PD100	provocative dose that produces a 100% increase in sRAW (dosis que produce un aumento del 100% en sRAW)
PD20	provocative dose that produces a 20% decrease in FEV1 (dosis que produce una disminución del 20% en FEV1)

PD20FEV1	20% decrease in forced expiratory volume in 1 second (disminución del 20% en el volumen expiratorio forzado en 1 segundo)
PEF	peak expiratory flow (flujo expiratorio máximo)
PM	particulate matter (material particulado)
PM10	particulate matter with a 50% upper cut point at 10 $\mu\text{m}$ aerodynamic diameter and a collection efficiency curve (material particulado inferior a 10 $\mu$ )
PM2.5	particulate matter with a 50% upper cut point at 2.5 $\mu\text{m}$ aerodynamic diameter and a collection efficiency curve; surrogate for fine PM (material particulado fino inferior a 2.5 $\mu$ )
PM10-2.5	particulate matter with a 50% upper cut point at 10 $\mu\text{m}$ aerodynamic diameter, a 50% lower cut point at 2.5 $\mu\text{m}$ aerodynamic diameter, and collection efficiency curves identical to those for PM10 and PM2.5; surrogate for thoracic coarse PM (does not include fine PM) (material particulado fracción 10 a 2.5 $\mu$ )
pNEM	probabilistic National Exposure Model (Modelo probabilístico Nacional de Exposición)
ppb	parts per billion (partes por billón)
ppbv	parts per billion by volume (partes por billón en volumen)
ppm	parts per million (partes por millón)
pSO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	particulate sulfate (sulfato en partículas)
Raw	airway resistance (Resistencia de la vía aérea)
RH	relative humidity (humedad relativa)
RMR	resting metabolic rate (metabolismo en reposo)
SDRVR	Síndrome de Disfunción Reactiva de las Vías Respiratorias (del inglés <i>Reactive Airway Dysfunction Syndrome, RADS</i> )
SO <sub>2</sub>	sulfur dioxide (dióxido de azufre)
SO <sub>3</sub>	sulfur trioxide (trióxido de azufre)
SO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	sulfite ion (ion sulfito)
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	sulfate ion (ion sulfato)
SOB	shortness of breath (disnea)
SO <sub>x</sub>	sulfur oxides (óxido de azufre)
SPM	suspended particulate matter (material particulado en suspensión)
sRaw	specific airway resistance (resistencia vía aérea específica)
T, t	time; duration of exposure (tiempo; duración de exposición)
TSP	total suspended particles (partículas totales en suspensión)
USEPA	U.S. Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental EEUU)
V <sup>°</sup> E	minute ventilation (ventilación por minuto)
Vd	deposition rate (tasa de depositación)
WHO	World Health Organization (Organización Mundial de la Salud)
wt %	percent by weight (porcentaje por peso)
EEUU GAO	Contraloría General de EE.UU.
RETCS	Registro de Efectos Tóxicos de Sustancias Químicas, en la actualidad es mantenido por Elsevier MDL.
PAHs	Hidrocarburos poliaromáticos
DNA	término en inglés del ácido desoxirribonucleico (ADN)