

LICITACIÓN
Nº 608897-39-LE18

INFORME FINAL

**“INVENTARIO DE EMISIONES, MODELACIÓN DE CONTAMINANTES
ATMOSFÉRICOS Y DELIMITACIÓN DE ZONA SATURADA, PARA LA
REGIÓN DEL MAULE”**

PREPARADO PARA:
SUBSECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE



SISTAM Ingeniería
PSI-428-2018

Enero de 2019



CONTENIDO

1.	<u>ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS</u>	5
2.	<u>PRESENTACIÓN DEL INFORME</u>	7
3.	<u>JUSTIFICACIÓN</u>	8
4.	<u>OBJETIVOS</u>	9
4.1	OBJETIVO GENERAL	9
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
5.	<u>METODOLOGÍA DE TRABAJO</u>	10
5.1	ENFOQUE GENERAL PARA DESARROLLAR EL INVENTARIO DE EMISIONES	13
5.2	ENFOQUE METODOLÓGICO PARA ABORDAR EL DESARROLLO DEL INVENTARIO DE EMISIONES	17
6.	<u>ACTIVIDADES</u>	19
6.1	OBJETIVO A) INVENTARIO DE EMISIONES ACTUALIZADO Y PROYECCIÓN DE LAS EMISIONES, IDENTIFICANDO POTENCIALES NUEVAS FUENTES Y FUTURAS AMPLIACIONES DE FUENTES EXISTENTES, CONSIDERANDO UN HORIZONTE DE EVALUACIÓN DE 15 AÑOS, PARA MP10, MP2.5, SO2, NOx, NH3, COVs Y CO2, PARA EL ÁREA DE ESTUDIO	19
6.1.1	RECOPIACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DE ESTUDIOS DISPONIBLES	19
6.1.2	REVISIÓN DE METODOLOGÍAS Y FACTORES DE EMISIÓN	20
6.1.3	INVENTARIO DE EMISIONES, AÑO BASE 2017	21
6.1.4	PROYECCIÓN DE EMISIONES EN UN HORIZONTE DE 15 AÑOS	54
6.1.5	ESCENARIOS DE PROYECCIÓN DE EMISIONES (CONSERVADOR Y OPTIMISTA)	56
6.1.6	ELABORACIÓN DE INVENTARIO DE EMISIONES EN FORMATO EXCEL	66
6.2	OBJETIVO B) APLICACIÓN DE CONTROL DE CALIDAD SOBRE EL INVENTARIO DE EMISIONES REALIZADO	67
6.2.1	METODOLOGÍA DE CONTROL DE CALIDAD PARA EL INVENTARIO DE EMISIONES	67
6.2.2	APLICACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD AL INVENTARIO DE EMISIONES	77
6.2.3	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	87
6.3	OBJETIVO C) MODELACIÓN DE DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES MP2.5	96
6.3.1	INTRODUCCIÓN	96
6.3.2	METEOROLOGÍA	98
6.3.3	EMISIONES	125
6.3.4	LÍNEA DE BASE	126
6.3.5	SIMULACIONES DE DISPERSIÓN	131
6.4	OBJETIVO D) PROPUESTA DE DELIMITACIÓN DEL ÁREA SATURADA/LATENTE PARA MP2.5.	138



7. ANEXO 1: CONTENIDO DIGITAL	144
8. ANEXO 2: METODOLOGÍAS DE ESTIMACIÓN DE EMISIONES	146
8.1 METODOLOGÍA ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE FUENTES ESTACIONARIAS PUNTUALES	146
8.2 METODOLOGÍA ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE FUENTES ESTACIONARIAS DE ÁREA (RESIDENCIALES, COMERCIALES, QUEMAS E INCENDIOS Y FUENTES BIOGÉNICAS).	149
8.2.1 METODOLOGÍA ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE COMBUSTIÓN RESIDENCIAL DE LEÑA	149
8.2.2 METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN DE EMISIONES QUEMAS AGRÍCOLAS.	153
8.2.3 METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN DE EMISIONES INCENDIOS FORESTALES	154
8.2.4 METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN DE EMISIONES CIGARRILLOS	155
8.2.5 METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN DE FABRICACIÓN DE LADRILLOS	156
8.2.6 METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN DE EMISIONES INCENDIOS URBANOS	157
8.2.7 METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN DE EMISIONES FUENTES DE COMBUSTIÓN RESIDENCIAL DE GLP, GN, GC Y KEROSENE	157
8.2.8 METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN DE EMISIONES BIOGÉNICAS	158
8.2.9 METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN DE EMISIONES EVAPORATIVAS	161
8.3 METODOLOGÍA ESTIMACIÓN DE FUENTES MÓVILES EN RUTA Y FUERA DE RUTA.	163
8.3.1 METODOLOGÍA ESTIMACIÓN DE EMISIONES FUENTES MÓVILES EN RUTA	163
8.3.2 METODOLOGÍA ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE FUENTES MÓVILES FUERA DE RUTA (OFF ROAD)	165
8.4 METODOLOGÍA ESTIMACIÓN EMISIONES DE FUENTES FUGITIVAS	167
8.4.1 METODOLOGÍA ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE POLVO RESUSPENDIDO EN CAMINOS	167
8.4.2 METODOLOGÍA ESTIMACIÓN DE EMISIONES PREPARACIÓN DE TERRENOS AGRÍCOLAS	168
8.4.3 METODOLOGÍA ESTIMACIÓN DE PRODUCCIÓN DE ÁRIDOS	169
8.4.4 METODOLOGÍA ESTIMACIÓN DE CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS	169
8.4.5 METODOLOGÍA ESTIMACIÓN DE CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS Y VIVIENDAS	170
9. ANEXO 3: NIVELES DE ACTIVIDAD UTILIZADOS EN LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES	172
9.1 NIVELES DE ACTIVIDAD UTILIZADOS EN LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE FUENTES ESTACIONARIAS PUNTUALES	172
9.2 NIVELES DE ACTIVIDAD UTILIZADOS EN LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE FUENTES ESTACIONARIAS DE ÁREA (RESIDENCIALES, COMERCIALES, QUEMAS E INCENDIOS Y FUENTES BIOGÉNICAS).	177
9.2.1 NIVELES DE ACTIVIDAD UTILIZADOS EN LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE COMBUSTIÓN RESIDENCIAL DE LEÑA	177
9.2.2 NIVELES DE ACTIVIDAD UTILIZADOS EN LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES QUEMAS AGRÍCOLAS.	181
9.2.3 NIVELES DE ACTIVIDAD UTILIZADOS EN LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES INCENDIOS FORESTALES	182
9.2.4 NIVELES DE ACTIVIDAD UTILIZADOS EN LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES CIGARRILLOS	184
9.2.5 NIVELES DE ACTIVIDAD UTILIZADOS EN LA ESTIMACIÓN DE FABRICACIÓN DE LADRILLOS	185
9.2.6 NIVELES DE ACTIVIDAD UTILIZADOS EN LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES INCENDIOS URBANOS	185



9.2.7	NIVELES DE ACTIVIDAD UTILIZADOS EN LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES FUENTES DE COMBUSTIÓN RESIDENCIAL DE GLP, GN, GC Y KEROSENE	186
9.2.8	NIVELES DE ACTIVIDAD UTILIZADOS EN LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES BIOGÉNICAS	188
9.2.9	NIVELES DE ACTIVIDAD UTILIZADOS EN LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES EVAPORATIVAS	191
9.3	NIVELES DE ACTIVIDAD UTILIZADOS EN LA ESTIMACIÓN DE FUENTES MÓVILES EN RUTA Y FUERA DE RUTA.	195
9.3.1	NIVELES DE ACTIVIDAD UTILIZADOS EN LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES FUENTES MÓVILES EN RUTA	195
9.3.2	NIVELES DE ACTIVIDAD UTILIZADOS EN LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE FUENTES MÓVILES FUERA DE RUTA (OFF ROAD)	200
9.4	NIVELES DE ACTIVIDAD UTILIZADOS EN LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE FUENTES FUGITIVAS	200
9.4.1	NIVELES DE ACTIVIDAD UTILIZADOS EN LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE POLVO RESUSPENDIDO EN CAMINOS	200
9.4.2	NIVELES DE ACTIVIDAD UTILIZADOS EN LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES PREPARACIÓN DE TERRENOS AGRÍCOLAS	204
9.4.3	NIVELES DE ACTIVIDAD UTILIZADOS EN LA ESTIMACIÓN DE PRODUCCIÓN DE ÁRIDOS	205
9.4.4	NIVELES DE ACTIVIDAD UTILIZADOS EN LA ESTIMACIÓN DE CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS	206
9.4.5	NIVELES DE ACTIVIDAD UTILIZADOS EN LA ESTIMACIÓN DE EDIFICIOS Y VIVIENDAS	208
10.	<u>ANEXO 4: DATOS Y SIMULACIONES ESTACIONES CONSIDERADAS</u>	<u>210</u>
11.	<u>ANEXO 5: COMPARACIÓN DE ESTUDIOS DISPONIBLES</u>	<u>225</u>
11.1	FUENTES ESTACIONARIAS PUNTUALES (COMBUSTIÓN Y PROCESOS).	231
11.2	FUENTES ESTACIONARIAS DE ÁREA (RESIDENCIALES, COMERCIALES, QUEMAS AGRÍCOLAS, INCENDIOS FORESTALES Y FUENTES BIOGÉNICAS).	232
11.2.1	COMBUSTIÓN RESIDENCIAL DE LEÑA	232
11.2.2	COMBUSTIÓN RESIDENCIAL GLP, GC, GN, Y KEROSENE	232
11.2.3	FUENTES EVAPORATIVAS RESIDENCIAL	233
11.2.4	FUENTES EVAPORATIVAS COMERCIAL	233
11.2.5	QUEMAS AGRÍCOLAS, INCENDIOS FORESTALES Y BIOGÉNICAS	234
11.3	FUENTES MÓVILES EN RUTA Y FUERA DE RUTA.	235
11.3.1	FUENTES MÓVILES EN RUTA	235
11.3.2	FUENTES MÓVILES FUERA DE RUTA (OFF ROAD)	237
11.4	FRACCIÓN GRUESA DEL MATERIAL PARTICULADO (CONSTRUCCIÓN, PRODUCCIÓN, TRANSPORTE Y PROCESAMIENTO DE ÁRIDOS, ACTIVIDADES AGRÍCOLAS, POLVO RESUSPENDIDO DESDE CALLES PAVIMENTADAS Y NO PAVIMENTADAS, ETC.).	237
11.5	FUENTES MISCELÁNEAS	238



1. Acrónimos y abreviaturas

Contaminantes

MP ₁₀	:	Material Particulado menor a 10 micrómetros o grueso
MP _{2,5}	:	Material Particulado menor a 2,5 micrómetros o fino
SO ₂	:	Dióxido de Azufre
NO _x	:	Óxido de Nitrógeno
NH ₃	:	Amoníaco
COV	:	Compuestos Orgánicos Volátiles
CO ₂	:	Dióxido de Carbono

Combustibles

GLP	:	Gas Licuado de Petróleo
GC	:	Gas de Ciudad
GN	:	Gas Natural

Decretos y Normas

D.S. 138/2005	:	Decreto Supremo 138/2005 MINSAL
F138 MINSAL	:	Formulario de Declaraciones de Emisiones de Fuentes Fijas 138 de MINSAL
Norma NCh2907	:	Norma Chilena Oficial N°2907/2005
DS N° 39, de 2011 MMA	:	Decreto Supremo 39/2011 MMA
DS N° 49, de 2015, MMA	:	Establece un PDA para las comunas de Talca y Maule
EURO	:	Normativa Europea de Emisiones de fuentes móviles

Instituciones y Abreviaturas

MOP	:	Ministerio de Obras Públicas
MMA	:	Ministerio del Medio Ambiente
MINVU	:	Ministerio de Vivienda y Urbanismo
MINSAL	:	Ministerio de Salud
SECTRA	:	Secretaría de Planificación de Transportes
INE	:	Instituto Nacional de Estadísticas
IDE	:	Infraestructura de Datos Especiales, MMA
SEC	:	Superintendencia de Electricidad y Combustibles
CONAF	:	Corporación Nacional Forestal
SISS	:	Superintendencia de Servicios Sanitarios
SEREMI	:	Secretaría Regional Ministerial
USACH	:	Universidad de Santiago de Chile
CNE	:	Comisión Nacional de Energía
CENMA	:	Centro Nacional del Medio Ambiente
DICTUC	:	Dirección de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Pontificia Universidad Católica de Chile
ENAP	:	Empresa Nacional del Petróleo
IIT UdeC	:	Instituto de Investigaciones Tecnológicas, Universidad de Concepción
SINCA	:	Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire
UdeC	:	Universidad de Concepción
SEIA	:	Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental
CDT	:	Corporación de Desarrollo Tecnológico
CARB	:	Agencia de Protección Ambiental de California



NCAR	:	National Center for Atmospheric Research (EEUU)
EPA	:	Agencia de Protección Ambiental
FAO	:	Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación
ECMWF	:	Centro Europeo de mediciones de clima de rango medio
NASA	:	Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio, USA
USEPA	:	Agencia de Protección Ambiental, USA
EEA	:	Agencia Europea de Medio Ambiente
ODEPA	:	Oficina de Estudios y Políticas Agrarias
AP-42	:	Compilation of Air Pollutant Emissions Factors
COPERT	:	Computer Programme to calculate Emissions from Road Transport
WebFire	:	Repositorio de Factores de Emisión de la EPA
EMEP CORINAIR	:	European Monitoring and Evaluation Programme / Core Inventory of Air Emissions
AGIES	:	Análisis General del Impacto Económico y Social
RETC	:	Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes
PACIN	:	Planificación Ambiental para Ciudades Intermedias
CASEN	:	Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional
APL	:	Acuerdos de Producción Limpia
MODEM v5.1	:	Modelo de Emisiones Vehiculares de SECTRA v5.1
MEGAN v2.1	:	Modelo de Emisiones de Gases y Aerosoles de la Naturaleza v2.1
CALPUFF	:	Modelo Lagrangiano de dispersión atmosférica
WRF-Chem	:	Weather Research and Forecasting (WRF) model coupled with Chemistry
FE	:	Factor de Emisión
NA	:	Nivel de Actividad
LAI	:	Leaf Area Index (Índice de Área Foliar)
PFT	:	Plant Functional Type (Tipo de Planta Funcional)
PRT	:	Plantas de Revisión Técnica
PNC	:	Plan Nacional de Censos
TMDA	:	Transito Medio Diario Anual
PIB	:	Producto Interno Bruto
PDA	:	Plan de Descontaminación Ambiental
RCA	:	Resolución de Calificación Ambiental
CCF6	:	Código de Clasificación de Fuentes, nivel 6
CCF8	:	Código de Clasificación de Fuentes, nivel 8
TDR	:	Términos De Referencia
Ger	:	Gases de Escape Real

Unidades de Medida

MW	:	Mega Watts
t	:	Toneladas
m ³	:	Metros cúbicos
Nm ³	:	Metros cúbicos Normales
Kg	:	Kilogramos
G	:	Gramos
Ha	:	Hectáreas
km ²	:	Kilómetro cuadrado
µg/m ² h	:	Micrómetro por metro cuadrado hora
MWt	:	Mega Watt Térmico
Hr	:	Horas
L	:	Litros



2. Presentación del Informe

A continuación, se presenta el informe final del estudio “Inventario de Emisiones, Modelación de Contaminantes Atmosféricos y Delimitación de Zona Saturada, para la Región del Maule” solicitada por la Subsecretaría del Medio Ambiente.

El presente informe tiene como objetivo contar con antecedentes técnicos necesarios que sirvan de insumo para la declaración de zona, y por lo tanto considera el desarrollo de un inventario de emisiones y la aplicación de un modelo de dispersión de material particulado en la Región del Maule, con el objetivo de identificar zonas latentes o saturadas en el área de influencia del estudio.

Se presentan en el numeral 3 de este documento la **Justificación** del estudio, en el numeral 4 los **Objetivos del estudio** y en el numeral 5 se explica detalladamente la **Metodología de Trabajo**. Finalmente, la descripción de la totalidad de las **Actividades** abordadas para el presente estudio se presenta en el numeral 6 de este documento. Adicionalmente se presentan Anexos físicos y digitales para complementar la información utilizada para el desarrollo del presente Estudio.



3. Justificación

La principal fuente de contaminación atmosférica en toda la zona centro sur del país, es la combustión de leña en diferentes actividades tanto residenciales como económicas (calefacción de edificios, panaderías, etc.), pero además en esta zona existen aportes de otros tipos de fuentes como, grandes industrias (fabricación de cemento, forestales, agroindustrias, etc.), las fuentes móviles, las quemas agrícolas y forestales, entre otras.

El inventario de emisiones es un instrumento de alta relevancia dentro de la gestión de calidad de aire, ya que permite identificar cuáles son los agentes contaminantes preponderantes en una determinada zona y evaluar la Importancia y el impacto de cada una de las fuentes presentes.

Es de suma relevancia construir una modelación de la calidad del aire regional, que contemple la totalidad del territorio de la Región del Maule, dado que existe evidencia para entender que la problemática de contaminación atmosférica en la zona es común y continua.

Es por esto, que resulta ser información indispensable la construcción de un inventario de emisiones y la modelación de la calidad del aire con un enfoque regional, para así poder determinar adecuadamente las diferentes zonas de calidad del aire. Este insumo será crucial para la futura elaboración de declaraciones de zonas latentes y/o saturadas, permitiendo hacer más eficiente la gestión de la calidad del aire.



4. Objetivos

4.1 Objetivo General

Contar con antecedentes técnicos necesarios que sirvan de insumo para la declaración de zona, mediante el desarrollo de un inventario de emisiones atmosférico año base 2017 y además con la aprobación de un modelo de dispersión de material particulado, con el objetivo de identificar zonas latentes o saturadas en el área de influencia del estudio.

4.2 Objetivos Específicos

- a) Elaborar un inventario de emisiones actualizado y una proyección de las emisiones, identificando potenciales nuevas fuentes y futuras ampliaciones de fuentes existentes, considerando un horizonte de evaluación de 15 años¹, para MP10, MP2.5, SO₂, NO_x, NH₃, COVs y CO₂, para el área de estudio.
- b) Aplicación de control de calidad sobre inventario de emisiones realizado.
- c) Construcción de un modelo de dispersión para MP10 y MP2.5 que caracterice aportes primarios y secundarios con resolución anual.
- d) Disponer propuestas de delimitaciones de área saturada para MP2.5.

¹ La proyección de las emisiones se realizará según lo definido por la contraparte del estudio.



5. Metodología de Trabajo

A continuación, se describe el enfoque general para el desarrollo del inventario de emisiones, y el detalle de la metodología aplicada para el desarrollo de cada una de las actividades contenidas en los Términos de Referencia.

Según la experiencia del equipo consultor en proyectos similares desarrollados en la Región Metropolitana de Santiago, Región de Valparaíso, Temuco y Padre las Casas, Tocopilla y la Zona Metropolitana de Lima-Callao, VI Región, Zona Industrial de Ventanas en la V región, Calama, Talca, Curicó y Alrededores, y Sector La Negra Antofagasta, el foco en un proyecto como este debe estar puesto en la construcción de las bases necesarias para sustentar la elaboración de Planes de Descontaminación Atmosféricos. Esto contempla según los alcances de este estudio la generación de un escenario base de emisiones, además se le dará el plus para que permita la implementación de una herramienta de modelación de dispersión de contaminantes, lo que, integrado a un modelo dinámico de emisiones, permitirá a la autoridad la evaluación de escenarios presentes y futuros, definición de metas de calidad del aire y evaluación de medidas.

Para el presente informe se realizó la siguiente secuencia de actividades principales:

- Recopilación de Información Municipal (Permisos de Extracción de Áridos, Catastros de Calles, Ladrillos, entre otros).
- Recopilación de Información de Organismos Sectoriales y Servicios Públicos (SEC, SECTRA, MINSAL, MOP, MINVU, entre otros).
- Recopilación de estudios de emisiones previos.
- Recopilación de datos del sector industrial dados principalmente por la aplicación del D.S. 138/2005 del MINSAL de los últimos años con información disponible.
- Recopilación de información de tráfico e inventarios previos, especialmente:
 - Disponible en MOP para caracterizar adecuadamente carreteras.
 - Información disponible en SECTRA en los estudios PACIN
- Revisión de Inventarios de emisiones previos.
- Georreferenciación de las fuentes emisoras.
- Análisis de toda la información recopilada y generación de un diagnóstico previo.



Elaboración de Inventarios de Emisiones:

- Análisis de la información disponible para estimar emisiones
- Actualización de metodologías de estimación de emisiones:
 - Fuentes estacionarias puntuales
 - Fuentes estacionarias de área
 - Fuentes móviles en ruta y fuera de ruta
 - Fracción gruesa del material particulado
 - Otras fuentes
- Recopilación de factores de emisión disponibles tanto a nivel internacional como nacional.
- Integración y procesamiento de datos.
- Cálculo de emisiones, análisis de resultados.
- Generación del inventario en planillas Excel estructuradas y parametrizadas (actual y proyectado).
- Análisis de calidad del inventario de emisiones

Modelación de Dispersión de Contaminantes:

El modelo de dispersión de contaminantes que fue aplicado corresponde a WRF-Calpuff y consideró las siguientes actividades:

- Procesamiento de información de entrada para el modelo.
- Análisis meteorológico y de calidad del aire.
 - Validación y comparación respecto a datos observados
- Determinación del área de influencia para ajustar el alcance espacial del inventario de emisiones.
- Modelación metodológica y de calidad del aire.
 - Realizar corridas del modelo de dispersión de contaminantes para el Inventario Base de Emisiones y comparar los resultados con las mediciones de calidad del aire disponible para MP10 y MP2,5.
- Análisis de la modelación efectuada.
- Aplicar correcciones sobre el inventario.



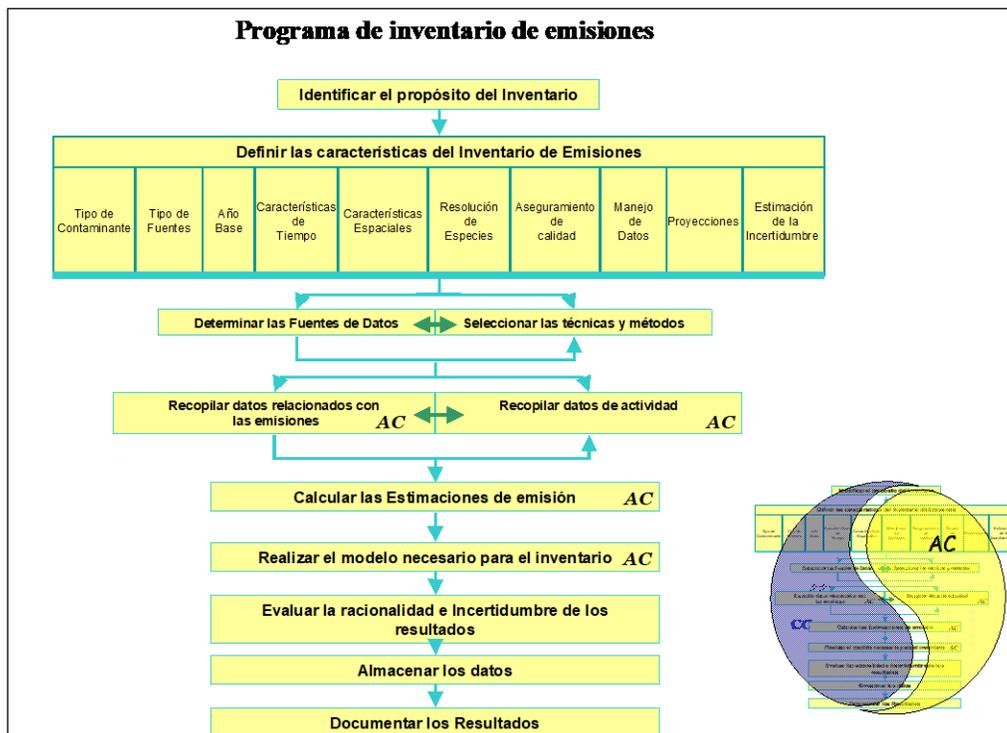
- Delimitación del área a declarar zona saturada.

Para el proceso de la modelación de calidad del aire, se estimó la incertidumbre del modelo, analizando los errores meteorológicos evaluados (datos estimados vs observados) mediante correlaciones y pruebas estadísticas de magnitud de error.

5.1 Enfoque general para desarrollar el inventario de emisiones

El desarrollo del inventario de emisiones se enmarcó en la siguiente estructura o programa de Inventario, que ha adoptado este equipo de trabajo para la ejecución de los inventarios que ha construido, destacándose la aplicación de medidas de aseguramiento de calidad (AC) y control de calidad (CC) en cada uno de los pasos del programa, de manera que cada Inventario desarrollado cumpla con estándares internacionales de calidad, reproducibilidad, trazabilidad a partir de la información base.

Figura 1: Enfoque adoptado por el equipo de trabajo para el desarrollo de inventarios de emisiones



Como primer paso para precisar las características del inventario desarrollado se identificó claramente el propósito de este, según las Bases técnicas de licitación del presente estudio.



Los resultados del inventario de emisiones permitieron identificar las responsabilidades en las emisiones de contaminantes, así como generar los archivos que alimentan al modelo de dispersión con miras a definir potenciales zonas saturadas y latentes, así como apoyar la implementación y evaluación de planes de prevención y descontaminación.

En términos generales, la mejor forma de hacerse cargo de las necesidades descritas en las Bases técnicas de licitación fue disponer de una herramienta para modelar emisiones, más allá del inventario propiamente tal, que es sólo una “fotografía” del corte temporal en que se realizaron los cálculos.

Disponer de una herramienta dinámica para la estimación de emisiones permite hacerse cargo adecuadamente de los siguientes requerimientos inherentes a la gestión de la calidad del aire en una zona determinada:

- Estimación del aporte de cada uno de los sectores a la contaminación por MP10/MP2.5 y otros contaminantes (NO_x, CO, COV's, SO_x y Ozono troposférico)
- Evaluación de medidas de descontaminación a ser incorporadas en planes de gestión y de descontaminación de la calidad del aire. Esto requiere necesariamente que las metodologías de estimación de emisiones contemplen la incorporación de los parámetros viables de ser modificados por las medidas que se puedan plantear, de manera de disponer de un inventario que permita establecer medidas, evaluar su impacto y hacer su seguimiento posterior.
- Proyección de emisiones para escenarios futuros/escenarios con medidas
- Modelación de dispersión de contaminantes, que requiere inventarios complejos geo-referenciados y temporalmente distribuidos.

Respecto a la distribución espacial de las emisiones, cada fuente puntual fue individualizada por sus coordenadas (X,Y), los arcos viales por un conjunto de coordenadas y para las fuentes de área se contempló una metodología de distribución espacial de las emisiones que permitieron llevarlas a un polígono (Área) o grilla. De acuerdo al tipo de fuente emisora, estas fueron representadas esquemáticamente de la siguiente manera:

Figura 2: Tipos de Fuentes

Puntual

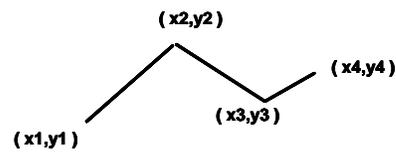
$(x1,y1)$ 

Área

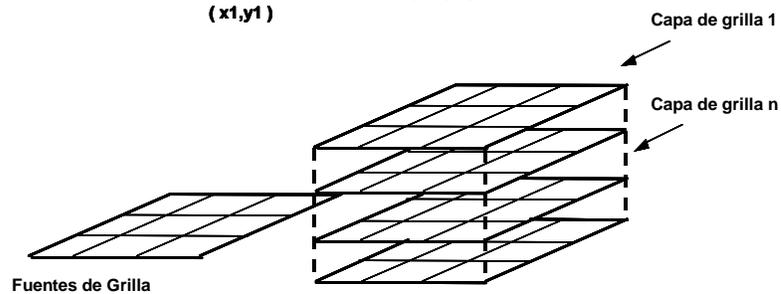
$(x1,y1)$  $(x2,y2)$

Arco

$(x1,y1)$ $(x2,y2)$ $(x3,y3)$ $(x4,y4)$



Grilla



1. Contaminantes a ser considerados en el Inventario de Emisiones

Según lo solicitado en las Bases técnicas de licitación, este inventario consideró los siguientes contaminantes:

- MP_{10}
- $MP_{2,5}$
- SO_2
- NO_x
- NH_3
- $COVs$
- CO_2



2. Escenarios considerados

Los escenarios para los cuales fueron desarrollados inventarios de emisiones corresponden a los siguientes:

- Inventario base 2017
- Inventario proyectado a 15 años (escenario conservador y un escenario optimista).

3. Fuentes consideradas

Las fuentes de emisión consideradas en el inventario de emisiones se detallan más adelante en la sección 6.1.3 “Inventario de Emisiones, Año Base 2017” del presente informe.

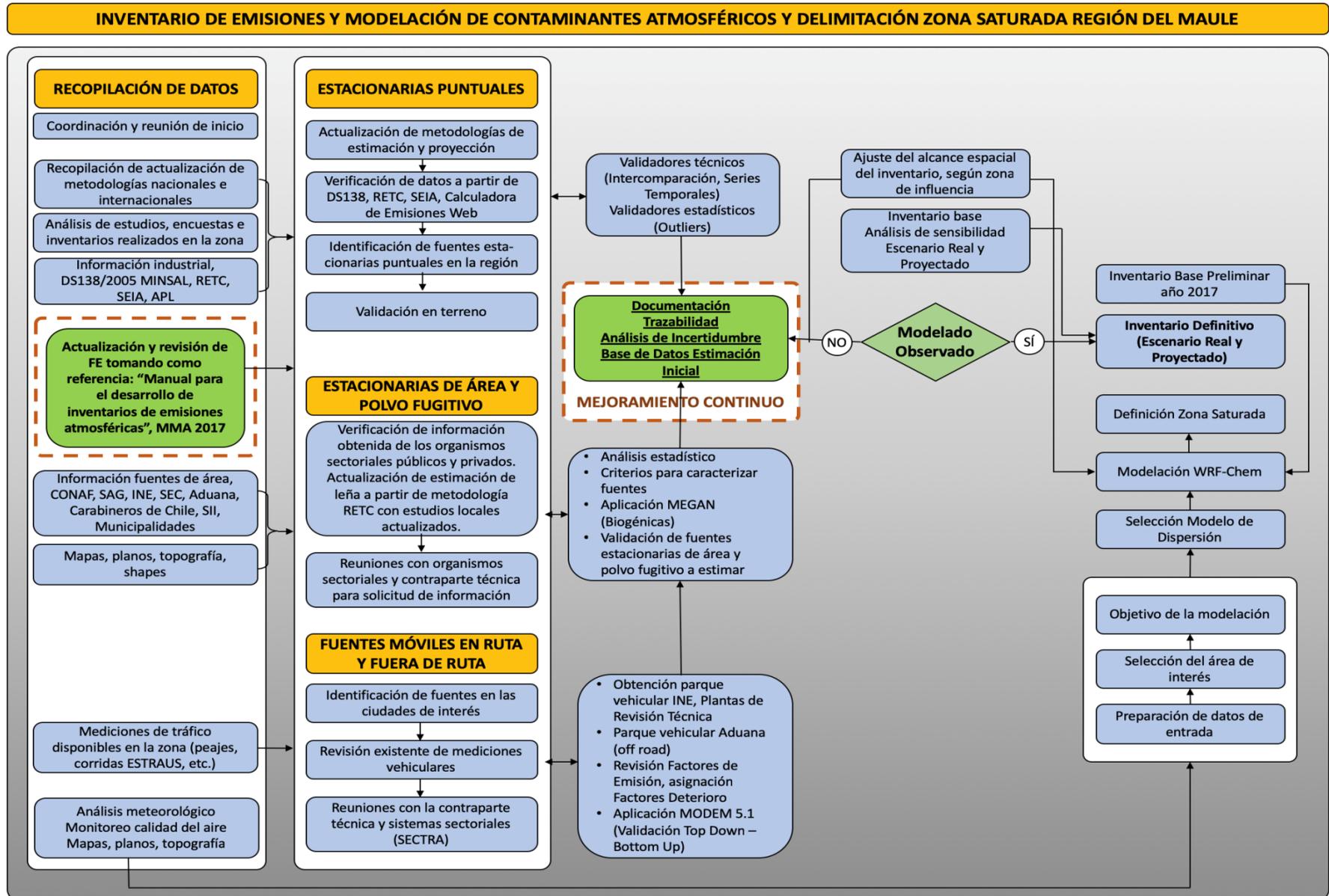


5.2 Enfoque metodológico para abordar el desarrollo del inventario de emisiones

Para el desarrollo del presente estudio y el logro de los objetivos planteados, se diseñó un enfoque que permitió estructurar en forma secuencial las distintas actividades que fueron solicitadas e identificadas para el desarrollo del estudio, todas ellas indicadas en las Bases técnicas de Licitación.

A continuación, se presenta el esquema metodológico abordado para el desarrollo del presente estudio:

Figura 3: Esquema Metodológico





6. Actividades

6.1 Objetivo a) Inventario de emisiones actualizado y proyección de las emisiones, identificando potenciales nuevas fuentes y futuras ampliaciones de fuentes existentes, considerando un horizonte de evaluación de 15 años, para MP10, MP2.5, SO2, NOx, NH3, COVs y CO2, para el área de estudio

6.1.1 Recopilación y Sistematización de Estudios Disponibles

Se recopilaron y sistematizaron los principales resultados y conclusiones de los estudios disponibles, que han sido realizados para la zona de estudio, que ***tengan relación con la temática de calidad del aire***. Se revisaron los estudios, correspondientes a los siguientes inventarios de emisiones:

- SISTAM Ingeniería (2015). Estudio "Inventario De Emisiones Atmosféricas y Modelación de Contaminantes de las Comunas de Curicó, Teno, Romeral, Rauco, Sagrada Familia y Molina, Año Base 2014".
- IIT- U. de Concepción (2014). Diagnóstico de la Calidad del Aire y Medidas de Descontaminación en Talca y Maule".
- AMBIOSIS (2009) "Inventario de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos y Definición de Área de Influencia de las Emisiones que Causan el Efecto de Saturación por PM10 en la Ciudad de Talca".

El detalle de la información recopilada y sistematizada se encuentra en el anexo digital del presente informe, en el archivo "Resumen_Estudios_Revisados.rar".



6.1.2 Revisión de Metodologías y Factores de Emisión

Para el cumplimiento de esta actividad, se realizó una recopilación y revisión de metodologías de cálculo de emisiones y factores de emisión que comúnmente son utilizados para la elaboración de los inventarios de emisiones atmosféricas a nivel nacional e internacional.

Se consideró como principal fuente de información metodológica el "**Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas**" desarrollado por el Ministerio del Medio Ambiente, año 2017. El consultor reviso las metodologías presentadas en dicho manual y pudo corroborar que están acordes con las principales fuentes de información metodológicas que se disponen para estimación de emisiones atmosféricas:

- Metodologías Internacionales
 - AP-42, EPA (compilación de factores de emisión de contaminantes atmosféricos)
 - WebFire, EPA (base de datos que contiene factores de emisión de contaminantes criterios y peligrosos del aire (HAP) para procesos industriales y no industriales)
 - EMEP CORINAIR, EEA (guía para inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos)
 - COPERT IV (herramienta para el cálculo de las emisiones de contaminantes atmosféricos y de gases de efecto invernadero procedentes del transporte por carretera en todo el mundo).
- Metodologías Nacionales
 - Guía metodológica para la estimación de emisiones atmosféricas de fuentes fijas y móviles en el RETC, MMA, SECTRA, MINSAL.
 - Metodologías de estimación de emisiones RETC, considera fuentes fijas, fuentes móviles, combustión residencial de leña, quemas agrícolas, incendios forestales y urbanos.



Las metodologías utilizadas, son en su totalidad las mismas descritas en el "Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas" desarrollado por el Ministerio del Medio Ambiente, año 2017, salvo en algunos casos que se realizaron algunos supuestos y homologaciones para abordar la totalidad de la información de entrada disponible.

En el Anexo 2 del presente informe denominado "Metodologías de Estimación de Emisiones" se encuentran las metodologías utilizadas para la estimación de emisiones del presente estudio.

6.1.3 Inventario de Emisiones, Año Base 2017

Con la información de entrada recopilada y sistematizada, tales como niveles de actividad, parámetros y factores de emisión, según la metodología consensuada por tipo de fuente emisora, se confeccionó un inventario de emisiones, detallado por tipo de fuente contaminante y tipo de descarga cuando corresponde, con una resolución cuatrimestral para el año 2017 a nivel comunal para la Región del Maule.

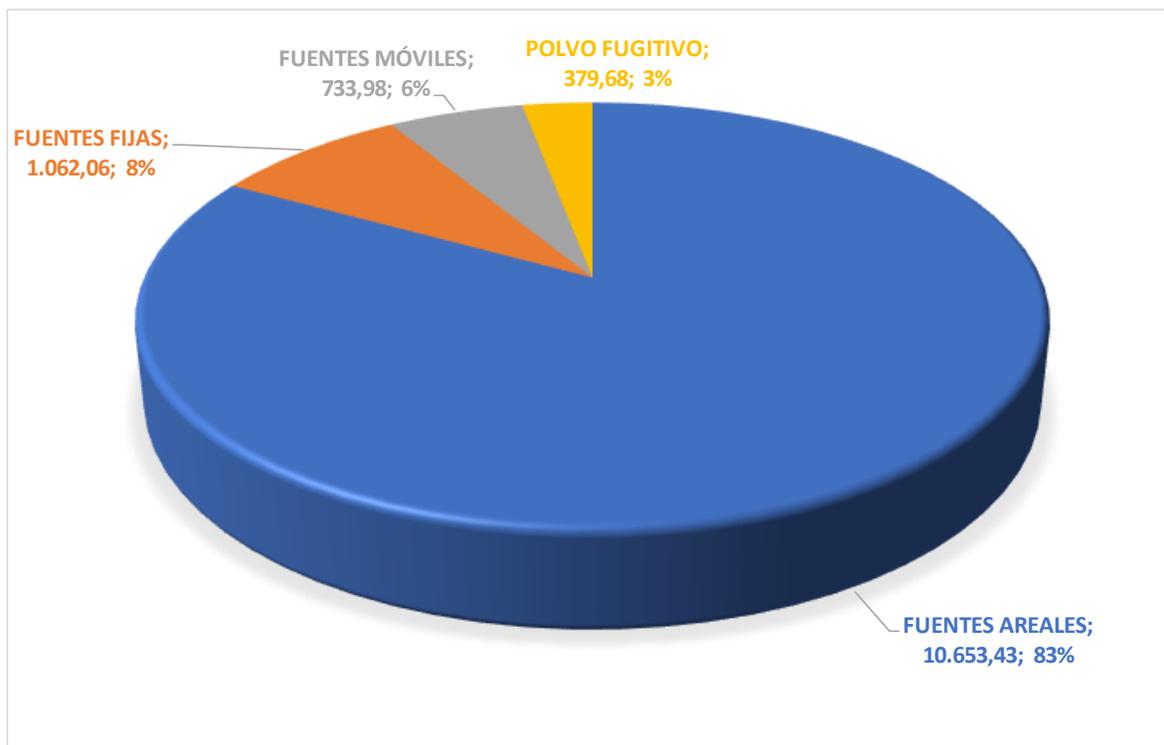
6.1.3.1 Resumen de Inventario de Emisiones, Año Base 2017

A continuación, se presentan los principales resultados del inventario de emisiones realizado en la Región del Maule, Año 2017, agrupados para las principales categorías.

Tabla 1: Emisiones Totales para la Región del Maule, año 2017 en t/año

GRUPO	MP10	MP2,5	CO	COV	SO2	NOx	NH3	CO2
FUENTES AREALES	11.430,07	10.653,43	186.461,34	150.601,50	123,57	2.093,45	3.943,13	956.290,58
FUENTES FIJAS	1.324,91	1.062,06	39.528,26	598,73	4.051,44	15.910,78	829,19	10.439.188,68
FUENTES MÓVILES	739,45	733,98	46.630,20	6.036,29	33,11	13.672,63	157,22	2.431.408,13
POLVO FUGITIVO	2.201,56	379,68						
TOTAL	15.695,99	12.829,15	272.619,80	157.236,52	4.208,12	31.676,86	4.929,54	13.826.887,39

Figura 4: Distribución Porcentual de Emisiones de MP2,5, Año 2017



A continuación, también se presentan los resultados del inventario de emisiones desagregados por cuatrimestre para las principales categorías.

Tabla 2: Emisiones Totales para la Región del Maule Primer Cuatrimestre (Enero-Abril), año 2017 en t/año

GRUPO	MP10	MP2,5	CO	COV	SO2	NOx	NH3	CO2
FUENTES AREALES	2.013,69	1.885,04	31.334,64	37.768,17	20,63	393,69	952,00	183.775,67
FUENTES FIJAS	493,96	388,87	12.804,98	190,10	1.828,53	5.670,47	238,70	3.418.550,53
FUENTES MÓVILES	251,45	249,66	15.848,48	2.036,11	11,21	4.614,79	53,87	820.446,18
POLVO FUGITIVO	712,48	128,10						
TOTAL	3.471,58	2.651,67	59.988,10	39.994,38	1.860,37	10.678,95	1.244,57	4.422.772,38

Figura 5: Distribución Porcentual de Emisiones de MP2,5, Primer Cuatrimestre (Enero-Abril), Año 2017

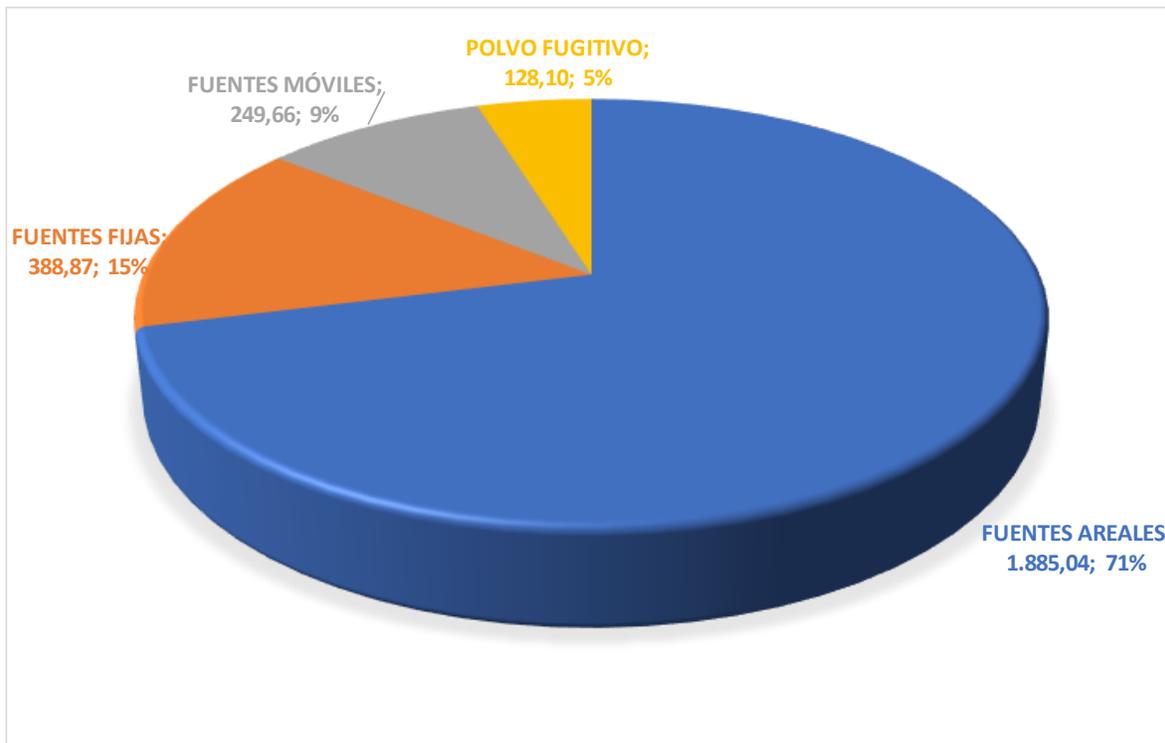


Tabla 3: Emisiones Totales para la Región del Maule Segundo Cuatrimestre (Mayo-Agosto), año 2017 en t/año

GRUPO	MP10	MP2,5	CO	COV	SO2	NOx	NH3	CO2
FUENTES AREALES	8.499,67	7.910,80	142.773,36	92.428,09	79,80	1.477,72	1.433,54	685.788,34
FUENTES FIJAS	464,11	378,96	16.004,34	258,43	1.355,97	6.219,59	320,41	4.270.471,91
FUENTES MÓVILES	250,79	248,95	15.477,97	2.016,50	11,10	4.657,87	51,85	819.600,45
POLVO FUGITIVO	717,75	127,31						
TOTAL	9.932,32	8.666,02	174.255,67	94.703,02	1.446,87	12.355,18	1.805,80	5.775.860,70

Figura 6: Distribución Porcentual de Emisiones de MP2,5, Segundo Cuatrimestre (Mayo-Agosto), Año 2017

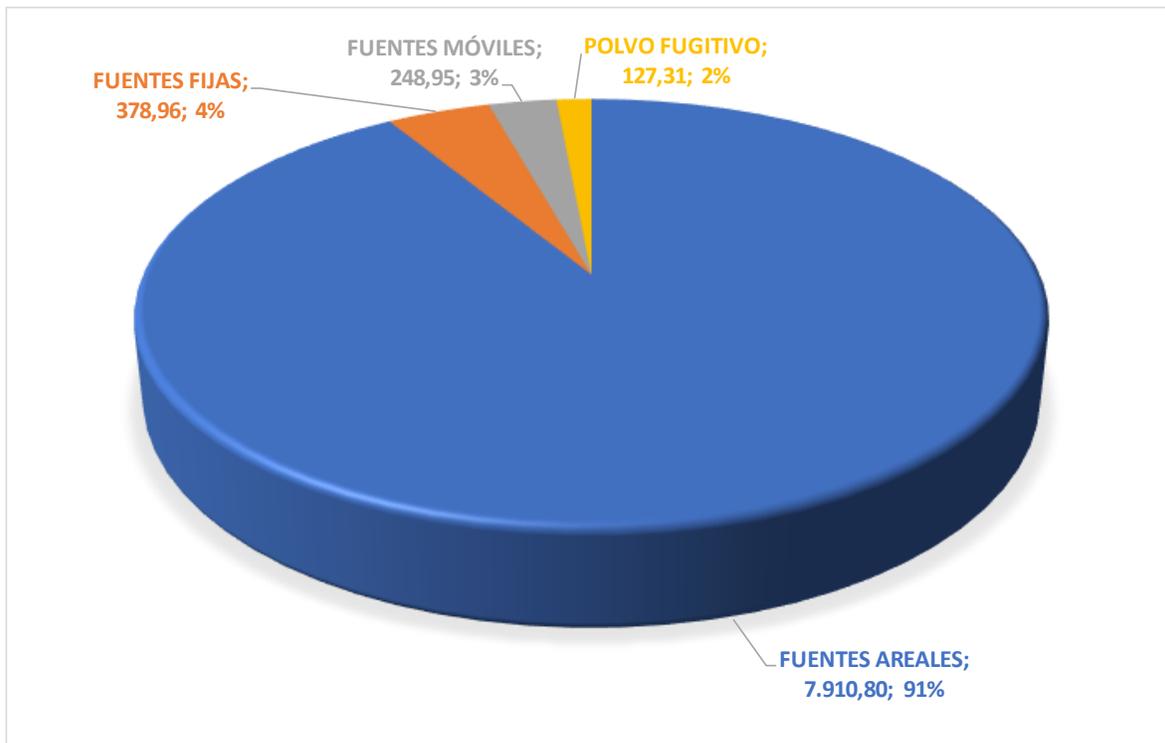
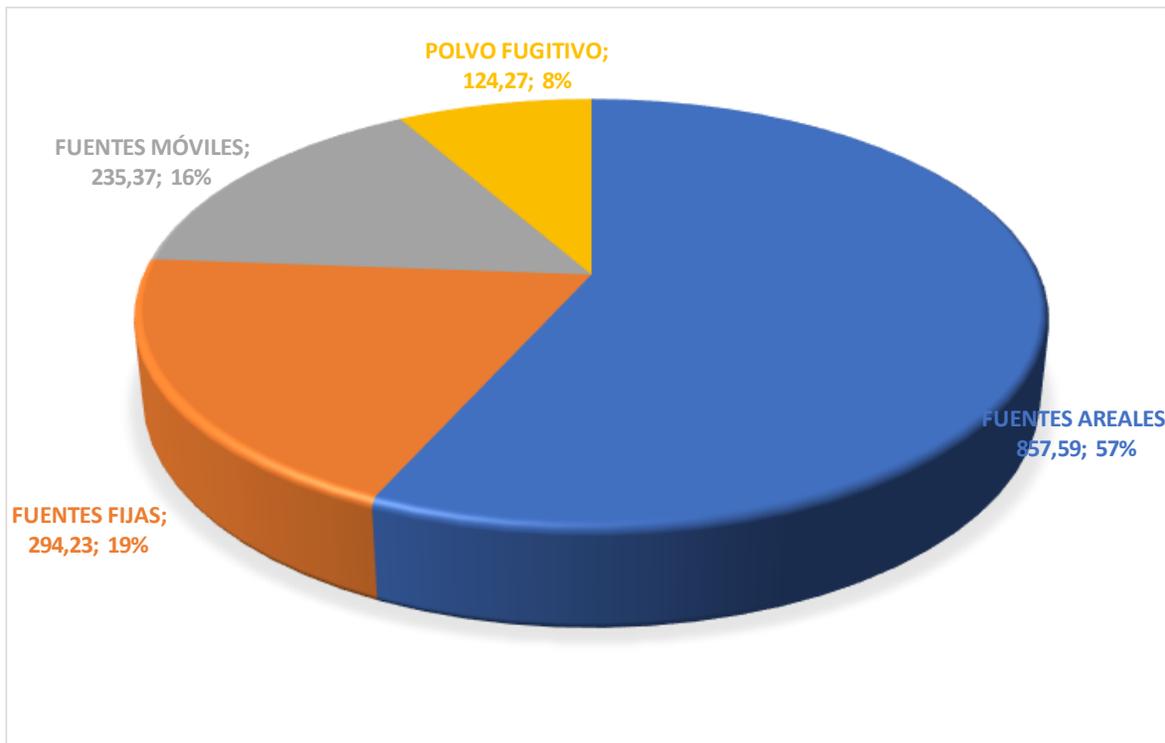


Tabla 4: Emisiones Totales para la Región del Maule Tercer Cuatrimestre (Septiembre-Diciembre), año 2017 en t/año

GRUPO	MP10	MP2,5	CO	COV	SO2	NOx	NH3	CO2
FUENTES AREALES	916,70	857,59	12.353,34	20.405,24	23,13	222,04	1.557,59	86.726,57
FUENTES FIJAS	366,83	294,23	10.718,94	150,20	866,94	4.020,72	270,09	2.750.166,24
FUENTES MÓVILES	237,22	235,37	15.303,75	1.983,68	10,81	4.399,97	51,50	791.361,50
POLVO FUGITIVO	771,33	124,27						
TOTAL	2.292,08	1.511,46	38.376,03	22.539,12	900,88	8.642,73	1.879,18	3.628.254,31

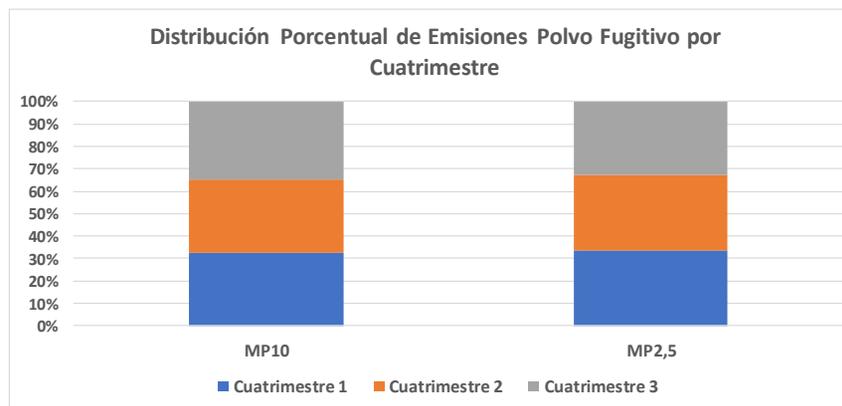
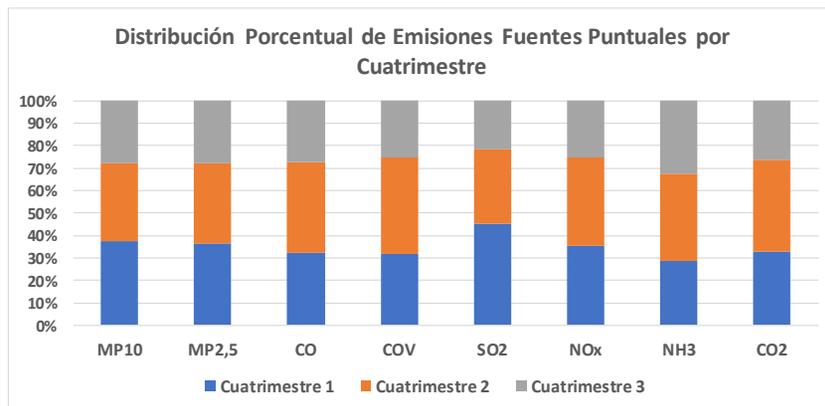
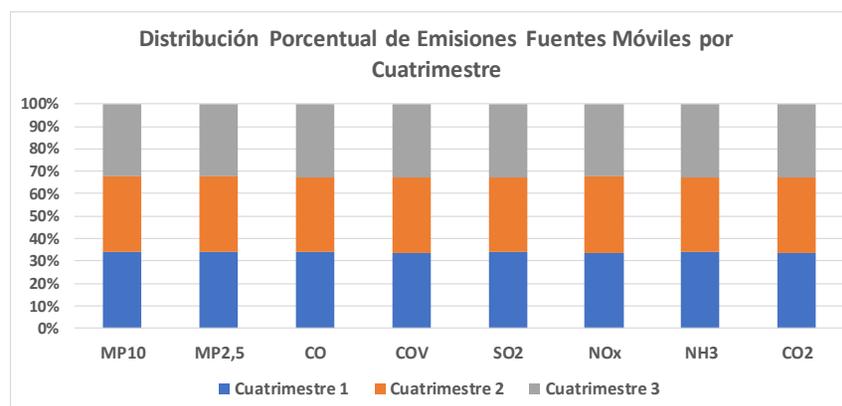
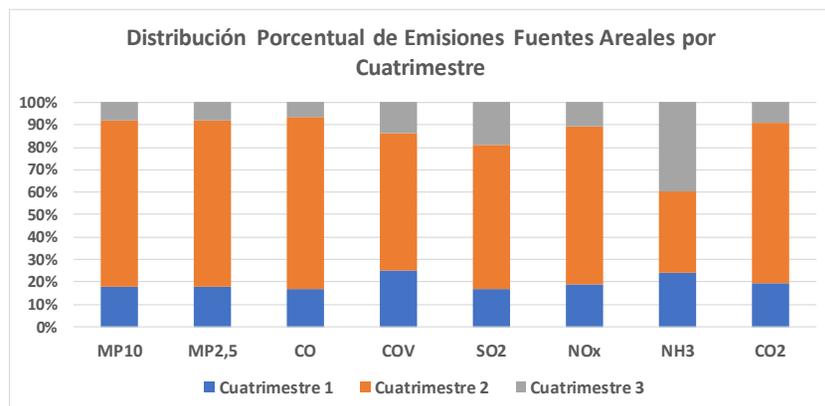
**Figura 7: Distribución Porcentual de Emisiones de MP2,5, Tercer Cuatrimestre
(Septiembre-Diciembre), Año 2017**



En el anexo digital, archivo "Inventario_2017.rar" se encuentra la planilla Excel denominada "Estructura_inv_maule_2017_corr_v4.xlsx" con el detalle de emisiones de los contaminantes por grupo, sub-grupo, categoría y sub-categoría para cada cuatrimestre.

A continuación, se presentan gráficos que muestran la distribución de las emisiones por cuatrimestre para cada grupo de fuentes.

Figura 8: Distribución Porcentual de Emisiones por Cuatrimestre





En la siguiente tabla se presentan las emisiones de Incendios forestales:

Tabla 5: Emisiones Totales Incendios Forestales para la Región del Maule, año 2017 en t/año

SUB-CATEGORÍA	MP10	MP2,5	CO	SO2	NOx	NH3	CO2
Incendios Forestales	112.383,63	95.220,56	1.069.924,41	12.014,17	39.657,79	10.910,39	8.745.005,29

Es importante resaltar que el verano del año 2017 fue un año atípico en lo que se refiere a incendios forestales, se generaron múltiples focos en las zonas centro y sur de Chile, siendo la región del Maule una de las más afectadas. Por lo anterior, las estadísticas de emisiones y gráficos presentados en el informe no incluyen incendios forestales.

Figura 9: Distribución Emisiones Totales para la Región del Maule, año 2017 en %

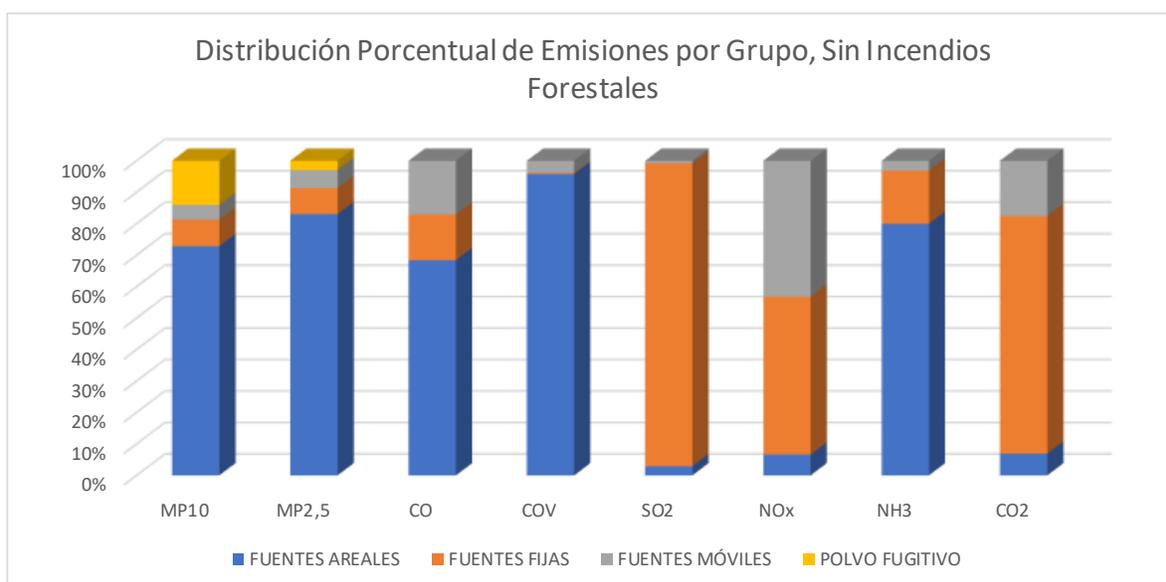




Tabla 6: Emisiones Totales por Comuna Región del Maule, año 2017 en t/año

N°	COMUNA	MP10	MP2,5	CO	COV	SO ₂	NO _x	NH ₃	CO ₂
1	CAUQUENES	794,36	683,95	12.293,52	9.456	10,89	774,85	130,16	172.675
2	CHANCO	198,74	150,28	2.892,54	2.405	2,37	233,15	42,75	44.459
3	COLBÚN	380,04	329,98	7.707,96	5.094	5,19	414,17	148,22	85.706
4	CONSTITUCIÓN	875,92	678,95	43.425,94	7.222	1.184,58	11.687,34	401,75	10.385.274
5	CUREPTO	205,68	148,65	2.964,31	3.407	1,88	236,36	45,10	46.974
6	CURICÓ	1.271,15	1.062,08	19.828,94	13.415	25,08	758,01	395,12	160.473
7	EMPEDRADO	151,40	89,46	1.600,62	1.932	1,22	177,52	12,57	30.638
8	HUALAÑÉ	222,50	160,60	3.225,22	2.375	2,74	350,08	44,40	67.675
9	LICANTÉN	473,89	348,95	3.443,36	1.781	63,65	657,77	95,04	302.161
10	LINARES	1.660,40	1.375,18	21.811,47	15.629	46,30	665,27	319,27	178.433
11	LONGAVÍ	526,04	459,07	9.169,52	6.335	6,70	450,50	270,83	100.020
12	MAULE	593,95	514,03	10.490,71	5.856	105,85	741,88	144,89	137.016
13	MOLINA	645,05	577,10	11.465,79	7.607	216,96	698,70	172,97	130.327
14	PARRAL	706,18	610,43	12.572,69	8.040	10,58	705,87	344,26	161.461
15	PELARCO	160,10	125,84	2.848,14	1.530	2,42	317,78	66,18	129.857
16	PELLUHUE	160,14	128,76	2.612,17	1.926	1,86	175,03	25,20	40.907
17	PENCAHUE	168,43	136,91	2.909,81	2.490	2,33	255,13	77,84	62.753
18	RAUCO	205,74	157,49	3.341,44	1.823	2,26	549,60	48,34	100.740
19	RETIRO	397,38	330,31	6.067,04	3.720	118,50	285,63	198,07	66.298
20	RÍO CLARO	335,13	249,03	4.512,64	2.694	3,74	730,96	119,65	115.389
21	ROMERAL	326,74	250,17	4.612,93	3.310	277,09	634,09	101,92	103.926
22	SAGRADA FAMILIA	298,82	255,61	5.152,30	3.235	4,25	395,99	104,72	82.780
23	SAN CLEMENTE	847,43	731,30	16.606,06	10.118	28,07	1.570,65	234,40	284.883
24	SAN JAVIER	563,46	464,06	10.198,61	6.473	6,62	975,00	144,06	184.599
25	SAN RAFAEL	194,17	148,03	2.934,47	1.663	1,80	258,58	72,39	49.444
26	TALCA	1.788,01	1.337,71	26.105,91	15.308	397,12	1.591,89	425,86	299.833
27	TENO	546,64	475,12	8.461,81	4.762	1.090,74	3.876,44	304,40	104.415
28	VICHUQUÉN	145,41	101,83	2.077,92	1.699	1,36	241,96	14,71	54.962
29	VILLA ALEGRE	320,14	266,06	5.278,86	2.902	2,99	305,06	82,25	67.859
30	YERBAS BUENAS	532,95	482,22	6.007,09	3.031	582,98	961,58	342,23	74.950
	Total	15.695,99	12.829,16	272.619,79	157.238,00	4.208,12	31.676,84	4.929,55	13.826.887,00



Respecto de las emisiones para las comunas de Talca y Maule, al realizar una comparación entre los resultados del presente estudio y lo informado en el Plan de Descontaminación Atmosférica para las comunas de Talca y Maule (DS N° 49, de 2015, del Ministerio del Medio Ambiente) se puede apreciar que las emisiones aumentaron, dicho aumento se sustenta en el aumento de los niveles de actividad en el tiempo, tomando en consideración que las emisiones del PDA Talca-Maule corresponden al año base 2012 en comparación con las emisiones año base 2017 del presente estudio.

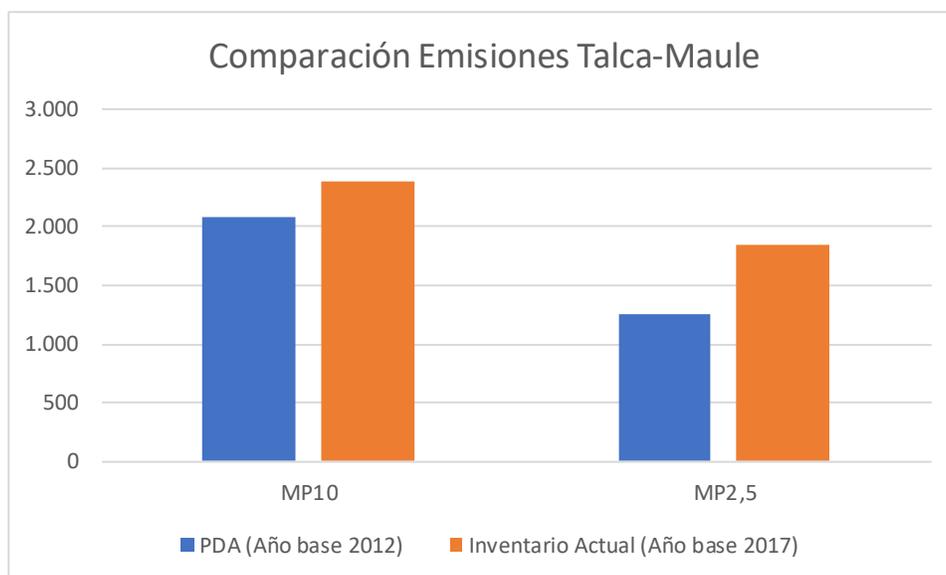
Tabla 7: Emisiones Totales PDA Talca-Maule

Tipo Fuente	MP10	MP2,5
PDA (Año base 2012)	1.270,20	1.171,90
PDA Fugitivas (Año base 2012)	817,50	81,70
Total PDA (Año base 2012)	2.087,70	1.253,60

Tabla 8: Comparación Emisiones Totales Comunas de Talca y Maule PDA (año 2012) vs Estudio Actual (año 2017) en t/año

Contaminante	PDA (Año base 2012)	Inventario Actual (Año base 2017)
MP10	2.087,70	2.381,96
MP2,5	1.253,60	1.851,74

Figura 10: Comparación Emisiones Totales para Talca-Maule





Las emisiones año base 2012 del PDA Talca-Maule fueron obtenidas desde los siguientes estudios:

- IIT- U. de Concepción (2014). Diagnóstico de la Calidad del Aire y Medidas de Descontaminación en Talca y Maule".
- AMBIOSIS (2009) "Inventario de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos y Definición de Área de Influencia de las Emisiones que Causan el Efecto de Saturación por PM10 en la Ciudad de Talca".

El detalle de la información recopilada y sistematizada se encuentra en el anexo digital del presente informe, en el archivo "Resumen_Estudios_Revisados.rar".

Adicionalmente al aumento lógico en el tiempo de los niveles de actividad totales de las fuentes consideradas en los respectivos estudios base para la elaboración del PDA Talca-Maule, se pudo verificar que el estudio "IIT- U. de Concepción (2014). Diagnóstico de la Calidad del Aire y Medidas de Descontaminación en Talca y Maule" no considera la totalidad de las fuentes de emisión que, si fueron consideradas en el presente estudio, dicho estudio solo considera las actividades Fuentes Fijas, Calefacción residencial leña, Incendios Forestales, Quemas Agrícolas, Caminos Sin Pavimentar y Combustión de Fuentes Móviles.

En el caso del estudio "AMBIOSIS (2009) "Inventario de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos y Definición de Área de Influencia de las Emisiones que Causan el Efecto de Saturación por PM10 en la Ciudad de Talca" si bien considera casi las mismas fuentes de emisión del presente estudio, también existe una diferencia ya que dicho estudio tampoco consideraba las emisiones de polvo fugitivo generadas por las actividades "Extracción de áridos".



A continuación, se presenta el detalle de las emisiones para cada categoría o grupo principal de fuentes.

6.1.3.2 Estimación de Emisiones de Fuentes Estacionarias Puntuales (Combustión y Procesos).

Las emisiones de las fuentes puntuales por comuna son las siguientes:

Tabla 9: Emisiones de Fuentes Puntuales para la Región del Maule, año 2017 en t/año

N°	COMUNA	MP10	MP2,5	CO	COV	SO ₂	NO _x	NH ₃	CO ₂
1	CAUQUENES	13,56	11,7	26,01	0,65	0,96	6,03	6,42	0
2	CHANCO	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,11	0	0
3	COLBÚN	19,27	16,82	1.425,78	0,99	1,38	26,93	8,64	1.520,23
4	CONSTITUCIÓN	324,42	247,9	34.618,07	292,12	1.172,40	10.506,55	303,41	10.173.480,92
5	CUREPTO	0,1	0,04	0,07	0,02	0,14	0,38	0,01	0
6	CURICÓ	27,75	24,15	68,89	1,77	10,59	41,4	13,87	1,18
7	EMPEDRADO	0,09	0,09	0,27	0,1	0,08	1,27	0	0
8	HUALAÑÉ	0,02	0,02	0,06	0,02	0,02	0,29	0	0
9	LICANTÉN	316,26	235,06	1.041,63	135,85	62,24	338,39	70,98	242.517,89
10	LINARES	25,06	24,35	55,26	3	33,31	45,5	9,56	5.557,82
11	LONGAVÍ	5,39	4,65	36,92	1,17	1,64	31,59	10,65	0
12	MAULE	40,72	16,09	63,81	2,02	100,54	124,33	23,96	0
13	MOLINA	15,56	14,9	10,74	2,89	210,09	114,68	0,72	1,62
14	PARRAL	2,74	2,65	6,91	1,76	2,05	23,98	0,65	81,65
15	PELARCO	0	0	0,01	0	0	0,06	0	0
16	PELLUHUE	4,82	4,16	8,1	0,28	0,38	7,21	2,32	0
17	PENCAHUE	2,65	2,31	4,99	0,29	0,31	6,31	1,21	0
18	RAUCO	0,02	0,02	0,17	0,03	0,01	0,68	0	0
19	RETIRO	16,43	11,94	30,43	0,35	113,16	37,82	9,78	0
20	RÍO CLARO	0,2	0,2	0,65	0,22	0,19	2,9	0,01	0
21	ROMERAL	20,45	18,8	8,23	1,46	274,51	35,38	1,6	0
22	SAGRADA FAMILIA	2,99	2,47	6,13	0,56	0,82	13,07	1,2	0
23	SAN CLEMENTE	12,73	3,55	76,48	27,96	18,78	353,63	0,62	13.356,10
24	SAN JAVIER	0,21	0,16	0,63	0,12	0,21	2,11	0,03	0
25	SAN RAFAEL	0,23	0,11	0,22	0,08	0,33	1,17	0,02	0
26	TALCA	140,18	99,35	146,92	5,06	380,54	252,17	37,4	2.618,86
27	TENO	114,46	106,44	1.203,28	100,07	1.086,88	3.318,44	126,92	37,99
28	VICHUQUÉN	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,12	0	0
29	VILLA ALEGRE	1,08	0,94	1,88	0,11	0,12	2,16	0,5	0
30	YERBAS BUENAS	217,48	213,15	685,66	19,78	579,73	616,09	198,71	14,41
	TOTAL	1.324,89	1.062,04	39.528,25	598,75	4.051,43	15.910,75	829,19	10.439.188,67

Nota: Las emisiones de fuentes puntuales no consideran las panaderías, las cuales están incluidas en la categoría comerciales.



Las emisiones de las fuentes puntuales por tipo de fuente son las siguientes:

Tabla 10: Emisiones de Fuentes Puntuales por tipo, Región del Maule, año 2017 en t/año

SUB-CATEGORIA	MP10	MP2,5	CO	COV	SO ₂	NO _x	NH ₃	CO ₂
Calderas (Industriales y de Calefacción)	717,98	604,53	5.264,60	183,10	3.118,48	1.953,35	823,81	156.024,93
Grupos electrógenos	71,72	55,34	659,88	255,69	44,64	2.434,95	4,85	13.985,82
Procesos con combustión	373,60	267,40	33.603,78	159,93	880,51	11.519,81	0,53	10.269.177,93
Procesos sin combustión	161,62	134,79	0,00	0,00	7,82	2,67	0,00	0,00
Total	1.324,92	1.062,06	39.528,26	598,72	4.051,45	15.910,78	829,19	10.439.188,68

6.1.3.3 Estimación de Emisiones de Fuentes Estacionarias de Área (residenciales, comerciales, quemas e incendios y fuentes biogénicas).

6.1.3.3.1 Estimación de Emisiones Combustión Residencial de Leña

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para el año 2017 de la Región del Maule a nivel comunal:

Tabla 11: Emisiones Combustión Residencial de Leña para la Región del Maule, Año 2017 en t/año

N°	Comuna	MP10	MP2,5	CO	COVs	SO _x	NO _x	NH ₃	CO ₂
1	CAUQUENES	478,76	445,72	8.102,21	4.860,66	1,95	76,22	23,75	37.729,00
2	CHANCO	125,30	116,66	2.120,57	1.272,17	0,51	19,95	6,22	9.875,00
3	COLBÚN	292,90	272,69	4.956,92	2.973,75	1,19	46,63	14,53	23.082,00
4	CONSTITUCIÓN	344,11	320,37	5.823,54	3.493,65	1,40	54,79	17,07	27.118,00
5	CUREPTO	134,31	125,04	2.273,02	1.363,63	0,55	21,38	6,66	10.585,00
6	CURICÓ	1.053,45	980,76	17.827,96	10.695,32	4,29	167,72	52,27	83.018,00
7	EMPEDRADO	69,40	64,61	1.174,42	704,56	0,28	11,05	3,44	5.469,00
8	HUALAÑÉ	130,20	121,22	2.203,49	1.321,91	0,53	20,73	6,46	10.261,00
9	LICANTÉN	91,65	85,32	1.550,94	930,44	0,37	14,59	4,55	7.222,00
10	LINARES	1.090,09	1.014,88	18.448,08	11.067,34	4,44	173,55	54,08	85.905,00
11	LONGAVÍ	443,35	412,75	7.502,90	4.501,12	1,81	70,58	22,00	34.938,00
12	MAULE	502,38	467,72	8.501,96	5.100,48	2,05	79,98	24,93	39.590,00
13	MOLINA	559,20	520,62	9.463,60	5.677,39	2,28	89,03	27,74	44.068,00



N°	Comuna	MP10	MP2,5	CO	COVs	SOx	NOx	NH ₃	CO ₂
14	PARRAL	561,89	523,12	9.509,09	5.704,68	2,29	89,46	27,88	44.280,00
15	PELARCO	112,09	104,36	1.896,98	1.138,03	0,46	17,85	5,56	8.833,00
16	PELLUHUE	113,95	106,09	1.928,44	1.156,90	0,46	18,14	5,65	8.980,00
17	PENCAHUE	114,05	106,18	1.930,05	1.157,87	0,46	18,16	5,66	8.987,00
18	RAUCO	123,66	115,12	2.092,66	1.255,43	0,50	19,69	6,14	9.745,00
19	RETIRO	283,73	264,16	4.801,73	2.880,65	1,16	45,17	14,08	22.360,00
20	RÍO CLARO	210,08	195,58	3.555,20	2.132,83	0,86	33,45	10,42	16.555,00
21	ROMERAL	203,45	189,41	3.443,08	2.065,57	0,83	32,39	10,09	16.033,00
22	SAGRADA FAMILIA	235,22	218,99	3.980,77	2.388,13	0,96	37,45	11,67	18.537,00
23	SAN CLEMENTE	670,75	624,47	11.351,38	6.809,90	2,73	106,79	33,28	52.859,00
24	SAN JAVIER	423,54	394,31	7.167,67	4.300,02	1,72	67,43	21,01	33.377,00
25	SAN RAFAEL	134,47	125,20	2.275,76	1.365,27	0,55	21,41	6,67	10.597,00
26	TALCA	1.202,62	1.119,64	20.352,32	12.209,73	4,90	191,47	59,67	94.773,00
27	TENO	355,45	330,92	6.015,35	3.608,72	1,45	56,59	17,64	28.011,00
28	VICHUQUÉN	88,33	82,23	1.494,80	896,76	0,36	14,06	4,38	6.961,00
29	VILLA ALEGRE	249,65	232,42	4.224,85	2.534,56	1,02	39,75	12,39	19.673,00
30	YERBAS BUENAS	251,17	233,84	4.250,66	2.550,05	1,02	39,99	12,46	19.794,00
	Total	10.649,20	9.914,40	180.220,40	108.117,52	43,38	1.695,45	528,35	839.215,00

6.1.3.3.2 Estimación de Emisiones Quemas Agrícolas.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para el año 2017 de la Región del Maule a nivel comunal:

Tabla 12: Emisiones Quemas Agrícolas para la Región del Maule, Año 2017 en t/año

N°	COMUNA	MP10	MP2,5	CO	COV	SO ₂	NOx	NH ₃	CO ₂
1	CAUQUENES	25,93	22,97	242,11	6,41	2,96	10,86	2,99	5.209,56
2	CHANCO	11,59	10,71	123,44	6,20	1,07	4,75	1,79	2.811,49
3	COLBÚN	19,11	18,25	157,27	12,11	1,03	6,36	2,49	5.080,04
4	CONSTITUCIÓN	37,32	32,47	318,60	5,18	4,32	15,23	3,53	6.482,40
5	CUREPTO	4,42	4,06	37,44	1,72	0,35	1,52	0,52	837,84
6	CURICÓ	12,79	11,03	107,77	1,18	1,67	5,71	1,15	2.361,29
7	EMPEDRADO	4,54	4,09	36,47	1,54	0,39	1,63	0,46	812,82
8	HUALAÑÉ	7,21	6,12	61,87	0,05	1,06	3,45	0,62	1.323,66
9	LICANTÉN	0,70	0,61	6,30	0,13	0,09	0,30	0,07	137,52
10	LINARES	15,66	14,84	119,81	9,98	0,90	5,25	1,84	3.697,90
11	LONGAVÍ	18,70	17,74	157,93	12,05	1,19	6,55	2,45	4.583,71
12	MAULE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13	MOLINA	12,35	10,59	105,73	0,58	1,61	5,38	1,11	2.137,52
14	PARRAL	45,35	43,09	443,78	30,10	3,07	15,97	6,94	10.912,09
15	PELARCO	2,64	2,35	21,38	0,65	0,29	1,08	0,26	501,69
16	PELLUHUE	2,13	1,86	19,17	0,37	0,27	0,95	0,22	422,06
17	PENCAHUE	9,71	9,12	69,47	4,89	0,55	3,18	1,02	2.431,62
18	RAUCO	2,96	2,77	19,62	1,53	0,21	1,08	0,29	714,32



N°	COMUNA	MP10	MP2,5	CO	COV	SO ₂	NO _x	NH ₃	CO ₂
19	RETIRO	38,40	35,83	355,25	22,61	2,88	13,75	5,22	8.364,47
20	RÍO CLARO	8,21	7,11	69,21	1,03	1,06	3,64	0,75	1.486,09
21	ROMERAL	0,62	0,55	5,41	0,18	0,08	0,31	0,07	129,86
22	SAGRADA FAMILIA	8,10	7,16	65,25	2,08	0,91	3,39	0,76	1.495,90
23	SAN CLEMENTE	21,88	20,11	175,88	9,98	1,73	7,94	2,41	4.677,02
24	SAN JAVIER	6,38	5,44	55,40	0,19	0,87	2,88	0,57	1.126,93
25	SAN RAFAEL	0,35	0,30	2,45	0,07	0,06	0,21	0,03	83,38
26	TALCA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
27	TENO	2,57	2,32	18,90	0,86	0,30	1,21	0,24	629,00
28	VICHUQUÉN	1,76	1,49	15,66	0,00	0,24	0,77	0,16	297,45
29	VILLA ALEGRE	8,25	7,71	72,78	4,55	0,57	3,03	1,07	2.026,27
30	YERBAS BUENAS	13,78	13,05	99,15	7,62	0,81	4,73	1,52	3.691,95
	Total	343,41	313,74	2.983,50	143,84	30,54	131,11	40,55	74.465,85

6.1.3.3.3 Estimación de Emisiones Incendios Forestales.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para el año 2017 de la Región del Maule a nivel comunal:

Tabla 13: Emisiones Incendios Forestales para la Región del Maule, Año 2017 en t/año

N°	COMUNA	MP10	MP2,5	CO	SO ₂	NO _x	NH ₃	CO ₂
1	CAUQUENES	83.874,92	71.064,93	798.381,78	8.970,89	29.616,36	8.142,21	6.346.212,52
2	CHANCO	36,20	30,67	344,70	3,86	12,76	3,52	2.679,29
3	COLBÚN	1,19	1,01	11,35	0,13	0,41	0,11	125,98
4	CONSTITUCIÓN	46,18	39,13	436,82	5,07	16,69	4,45	3.908,43
5	CUREPTO	1.706,20	1.445,62	16.281,12	180,77	596,80	166,03	125.680,88
6	CURICÓ	26,48	22,47	256,39	2,70	8,74	2,58	2.190,12
7	EMPEDRADO	0,09	0,08	0,85	0,01	0,03	0,01	10,58
8	HUALAÑÉ	11,90	10,09	112,31	1,32	4,34	1,14	1.014,93
9	LICANTÉN	26,84	22,74	255,51	2,87	9,47	2,61	2.472,91
10	LINARES	1.058,67	897,02	10.073,08	113,47	374,38	102,69	80.169,93
11	LONGAVÍ	6,44	5,46	63,11	0,62	2,01	0,63	497,54
12	MAULE	930,59	788,69	8.785,89	103,00	338,65	89,38	77.813,76
13	MOLINA	25,19	21,37	241,00	2,68	8,71	2,43	2.481,86
14	PARRAL	889,04	753,35	8.467,51	95,03	313,23	86,26	70.777,38
15	PELARCO	0,65	0,56	6,21	0,07	0,23	0,06	71,73
16	PELLUHUE	0,53	0,45	4,66	0,07	0,23	0,05	77,95
17	PENCAHUE	6,29	5,33	60,38	0,66	2,15	0,61	509,07
18	RAUCO	1,41	1,20	13,34	0,16	0,51	0,13	152,33
19	RETIRO	16,87	14,32	167,48	1,56	5,00	1,68	1.449,65
20	RÍO CLARO	84,56	71,71	818,57	8,58	27,97	8,28	8.108,54
21	ROMERAL	12,14	10,31	120,04	1,14	3,66	1,21	896,75
22	SAGRADA FAMILIA	11,94	10,14	115,67	1,22	3,93	1,16	1.037,20
23	SAN CLEMENTE	119,15	100,96	1.140,86	12,47	41,15	11,63	8.932,11
24	SAN JAVIER	1.715,84	1.453,95	16.322,90	184,22	607,17	166,28	145.798,23



N°	COMUNA	MP10	MP2,5	CO	SO2	NOx	NH3	CO2
25	SAN RAFAEL	85,65	72,65	831,70	8,59	27,90	8,39	7.526,41
26	TALCA	7,48	6,34	72,95	0,74	2,40	0,74	724,92
27	TENO	6,53	5,53	62,22	0,70	2,29	0,63	715,11
28	VICHUQUÉN	21.672,37	18.362,56	206.453,62	2.311,35	7.629,90	2.105,27	1.852.757,35
29	VILLA ALEGRE	0,05	0,04	0,43	0,01	0,02	0,00	6,38
30	YERBAS BUENAS	2,24	1,90	21,98	0,22	0,70	0,22	205,44
	Total	112.383,63	95.220,58	1.069.924,43	12.014,18	39.657,79	10.910,39	8.745.005,28

6.1.3.3.4 Estimación de Emisiones Cigarrillos

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para el año 2017 de la Región del Maule a nivel comunal:

Tabla 14: Emisiones Cigarrillos para la Región del Maule, Año 2017 en t/año

N°	COMUNA	NH ₃
1	CAUQUENES	0,25
2	CHANCO	0,06
3	COLBÚN	0,13
4	CONSTITUCIÓN	0,28
5	CUREPTO	0,06
6	CURICÓ	0,92
7	EMPEDRADO	0,03
8	HUALAÑÉ	0,06
9	LICANTÉN	0,04
10	LINARES	0,58
11	LONGAVÍ	0,19
12	MAULE	0,29
13	MOLINA	0,29
14	PARRAL	0,26
15	PELARCO	0,05
16	PELLUHUE	0,05
17	PENCAHUE	0,05
18	RAUCO	0,07
19	RETIRO	0,13
20	RÍO CLARO	0,09
21	ROMERAL	0,10
22	SAGRADA FAMILIA	0,12
23	SAN CLEMENTE	0,27
24	SAN JAVIER	0,28
25	SAN RAFAEL	0,06
26	TALCA	1,39
27	TENO	0,18



N°	COMUNA	NH ₃
28	VICHUQUÉN	0,03
29	VILLA ALEGRE	0,10
30	YERBAS BUENAS	0,11
	Total	6,52

6.1.3.3.5 Estimación de Emisiones Fabricación de Ladrillos

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para el año 2017 de la Región del Maule a nivel comunal²:

Tabla 15: Emisiones Fabricación de Ladrillos para la Región del Maule, Año 2017 en t/año

Comuna	MP10	MP2,5	CO	COV	SO2	NOx	CO2
Linares	276,11	268,33	2.015,75	1.827,42	3,19	20,75	27.132,00
Cauquenes	157,38	152,95	1.148,98	1.041,63	1,82	11,83	15.465,24
Total	433,49	421,28	3.164,73	2.869,05	5,01	32,58	42.597,24

6.1.3.3.6 Estimación de Emisiones Incendios Urbanos

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para el año 2017 de la Región del Maule a nivel comunal:

Tabla 16: Emisiones Incendios Urbanos para la Región del Maule, Año 2017 en t/año

N°	COMUNA	CO	NOx
1	CAUQUENES	1,91	0,05
2	CHANCO	0,26	0,01
3	COLBÚN	1,39	0,03
4	CONSTITUCIÓN	3,48	0,08
5	CUREPTO	1,39	0,03
6	CURICÓ	10,26	0,24

² Las comunas de Linares y Cauquenes concentran la actividad de fabricación de ladrillos en la región del Maule; no se encontraron registros de dicha actividad en otras comunas de la región, lo cual fue comprobado mediante la revisión de publicaciones de venta de ladrillos, tal como páginas amarillas y publicaciones de venta en internet. Además se utilizó la aplicación Google Earth para la búsqueda mediante imágenes satelitales de hornos de ladrillo en toda la región.

N°	COMUNA	CO	NOx
7	EMPEDRADO	0,09	0,00
8	HUALAÑÉ	0,09	0,00
9	LICANTÉN	0,61	0,01
10	LINARES	2,78	0,07
11	LONGAVÍ	2,43	0,06
12	MAULE	3,04	0,07
13	MOLINA	1,91	0,05
14	PARRAL	1,65	0,04
15	PELARCO	0,17	0,00
16	PELLUHUE	0,52	0,01
17	PENCAHUE	0,43	0,01
18	RAUCO	0,09	0,00
19	RETIRO	0,96	0,02
20	RÍO CLARO	0,87	0,02
21	ROMERAL	0,87	0,02
22	SAGRADA FAMILIA	0,61	0,01
23	SAN CLEMENTE	2,09	0,05
24	SAN JAVIER	2,61	0,06
25	SAN RAFAEL	0,35	0,01
26	TALCA	6,96	0,17
27	TENO	1,74	0,04
28	VICHUQUÉN	0,87	0,02
29	VILLA ALEGRE	0,96	0,02
30	YERBAS BUENAS	0,87	0,02
	Total	52,26	1,22

6.1.3.3.7 Estimación de Emisiones Fuentes de Combustión Residencial de GLP, GN, GC y Kerosene

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para el año 2017 de la Región del Maule a nivel comunal:

Tabla 17: Emisiones Combustión Residencial de GLP para la Región del Maule, Año 2017 en t/año

N°	Comuna	MP10	MP2,5	CO	COV	SO2	NOx
1	CAUQUENES	0,12	0,12	0,82	0,32	0,01	4,04
2	CHANCO	0,03	0,03	0,18	0,07	0,00	0,89
3	COLBÚN	0,06	0,06	0,42	0,17	0,00	2,07
4	CONSTITUCIÓN	0,14	0,14	0,94	0,37	0,01	4,60
5	CUREPTO	0,03	0,03	0,19	0,08	0,00	0,94
6	CURICÓ	0,46	0,46	3,03	1,19	0,02	14,89
7	EMPEDRADO	0,01	0,01	0,08	0,03	0,00	0,41
8	HUALAÑÉ	0,03	0,03	0,20	0,08	0,00	0,96

N°	Comuna	MP10	MP2,5	CO	COV	SO2	NOx
9	LICANTÉN	0,02	0,02	0,14	0,05	0,00	0,66
10	LINARES	0,29	0,29	1,90	0,75	0,01	9,34
11	LONGAVÍ	0,09	0,09	0,62	0,24	0,00	3,05
12	MAULE	0,15	0,15	1,01	0,40	0,01	4,96
13	MOLINA	0,14	0,14	0,93	0,37	0,01	4,59
14	PARRAL	0,13	0,13	0,85	0,33	0,01	4,16
15	PELARCO	0,03	0,03	0,17	0,07	0,00	0,84
16	PELLUHUE	0,02	0,02	0,15	0,06	0,00	0,76
17	PENCAHUE	0,03	0,03	0,17	0,07	0,00	0,82
18	RAUCO	0,03	0,03	0,21	0,08	0,00	1,05
19	RETIRO	0,06	0,06	0,41	0,16	0,00	1,99
20	RÍO CLARO	0,04	0,04	0,28	0,11	0,00	1,39
21	ROMERAL	0,05	0,05	0,31	0,12	0,00	1,52
22	SAGRADA FAMILIA	0,06	0,06	0,38	0,15	0,00	1,85
23	SAN CLEMENTE	0,13	0,13	0,88	0,35	0,01	4,32
24	SAN JAVIER	0,14	0,14	0,92	0,36	0,01	4,55
25	SAN RAFAEL	0,03	0,03	0,19	0,07	0,00	0,92
26	TALCA	0,68	0,68	4,47	1,77	0,03	22,00
27	TENO	0,09	0,09	0,59	0,23	0,00	2,89
28	VICHUQUÉN	0,01	0,01	0,09	0,03	0,00	0,43
29	VILLA ALEGRE	0,05	0,05	0,33	0,13	0,00	1,62
30	YERBAS BUENAS	0,06	0,06	0,37	0,14	0,00	1,81
	Total	3,21	3,21	21,23	8,35	0,13	104,32

Tabla 18: Emisiones Combustión Residencial de Kerosene para la Región del Maule, Año 2017 en t/año

N°	Comuna	MP10	MP2,5	CO	COV	NOx	Sox
1	CAUQUENES	1,57	0,78	0,02	0,02	0,22	0,11
2	CHANCO	0,35	0,17	0,00	0,00	0,05	0,02
3	COLBÚN	0,80	0,40	0,01	0,01	0,11	0,06
4	CONSTITUCIÓN	1,78	0,89	0,02	0,02	0,25	0,12
5	CUREPTO	0,37	0,18	0,00	0,00	0,05	0,03
6	CURICÓ	5,78	2,89	0,06	0,06	0,80	0,40
7	EMPEDRADO	0,16	0,08	0,00	0,00	0,02	0,01
8	HUALAÑÉ	0,37	0,19	0,00	0,00	0,05	0,03
9	LICANTÉN	0,26	0,13	0,00	0,00	0,04	0,02
10	LINARES	3,63	1,81	0,04	0,04	0,50	0,25
11	LONGAVÍ	1,18	0,59	0,01	0,01	0,16	0,08
12	MAULE	1,93	0,96	0,02	0,02	0,27	0,13
13	MOLINA	1,78	0,89	0,02	0,02	0,25	0,12
14	PARRAL	1,61	0,81	0,02	0,02	0,22	0,11
15	PELARCO	0,33	0,16	0,00	0,00	0,05	0,02
16	PELLUHUE	0,29	0,15	0,00	0,00	0,04	0,02
17	PENCAHUE	0,32	0,16	0,00	0,00	0,04	0,02
18	RAUCO	0,41	0,20	0,00	0,00	0,06	0,03



N°	Comuna	MP10	MP2,5	CO	COV	NOx	Sox
19	RETIRO	0,77	0,39	0,01	0,01	0,11	0,05
20	RÍO CLARO	0,54	0,27	0,01	0,01	0,07	0,04
21	ROMERAL	0,59	0,29	0,01	0,01	0,08	0,04
22	SAGRADA FAMILIA	0,72	0,36	0,01	0,01	0,10	0,05
23	SAN CLEMENTE	1,68	0,84	0,02	0,02	0,23	0,12
24	SAN JAVIER	1,76	0,88	0,02	0,02	0,25	0,12
25	SAN RAFAEL	0,36	0,18	0,00	0,00	0,05	0,02
26	TALCA	8,54	4,27	0,09	0,09	1,19	0,59
27	TENO	1,12	0,56	0,01	0,01	0,16	0,08
28	VICHUQUÉN	0,17	0,08	0,00	0,00	0,02	0,01
29	VILLA ALEGRE	0,63	0,31	0,01	0,01	0,09	0,04
30	YERBAS BUENAS	0,70	0,35	0,01	0,01	0,10	0,05
	Total	40,50	20,22	0,42	0,42	5,63	2,79

6.1.3.3.8 Estimación de Emisiones Biogénicas

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para el año 2017 de la Región del Maule a nivel comunal:

Tabla 19: Emisiones Biogénicas para la Región del Maule, Año 2017 en t/año

N°	COMUNA	COV
1	CAUQUENES	2.931,92
2	CHANCO	983,12
3	COLBÚN	1.819,71
4	CONSTITUCIÓN	2.773,56
5	CUREPTO	1.900,75
6	CURICÓ	1.039,21
7	EMPEDRADO	1.147,89
8	HUALAÑÉ	870,40
9	LICANTÉN	568,95
10	LINARES	1.630,61
11	LONGAVÍ	1.427,36
12	MAULE	153,07
13	MOLINA	1.359,81
14	PARRAL	1.703,09
15	PELARCO	228,81
16	PELLUHUE	642,59



N°	COMUNA	COV
17	PENCAHUE	1.168,47
18	RAUCO	344,03
19	RETIRO	568,49
20	RÍO CLARO	341,50
21	ROMERAL	988,93
22	SAGRADA FAMILIA	577,03
23	SAN CLEMENTE	2.415,50
24	SAN JAVIER	1.485,53
25	SAN RAFAEL	154,03
26	TALCA	105,90
27	TENO	680,22
28	VICHUQUÉN	712,07
29	VILLA ALEGRE	130,00
30	YERBAS BUENAS	203,58
	Total	31.056,13

La mayor cantidad de emisiones en la región corresponden a Isopreno (17.249 t/año), seguidas de monoterpenos (11.859 t/año) y sesquiterpenos (1.854 t/año). Las emisiones biogénicas se concentran en la costa y cerca de la cordillera, donde la cantidad de vegetación es mayor.

Figura 11: Emisiones anuales de isoprenos, Región del Maule.

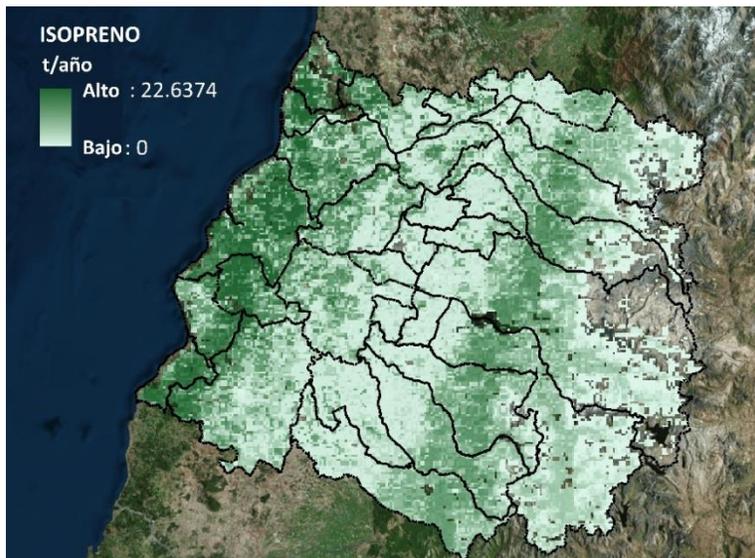


Figura 12: Emisiones anuales de Monoterpenos, Región del Maule.

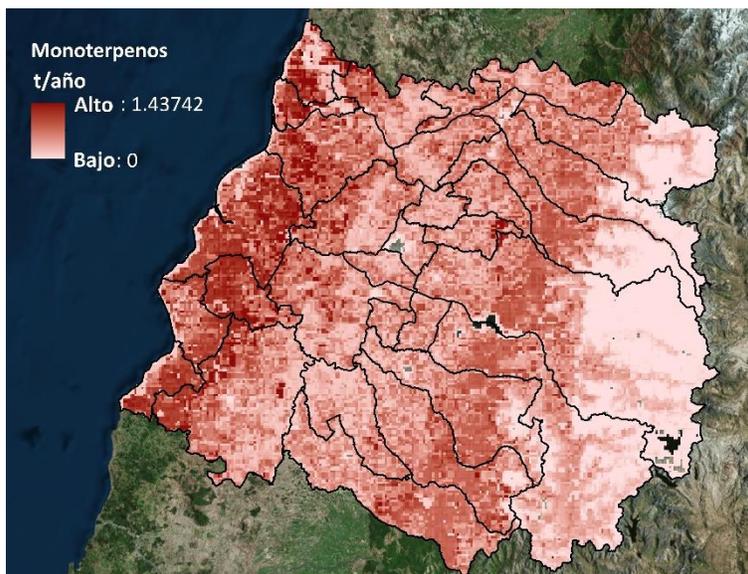
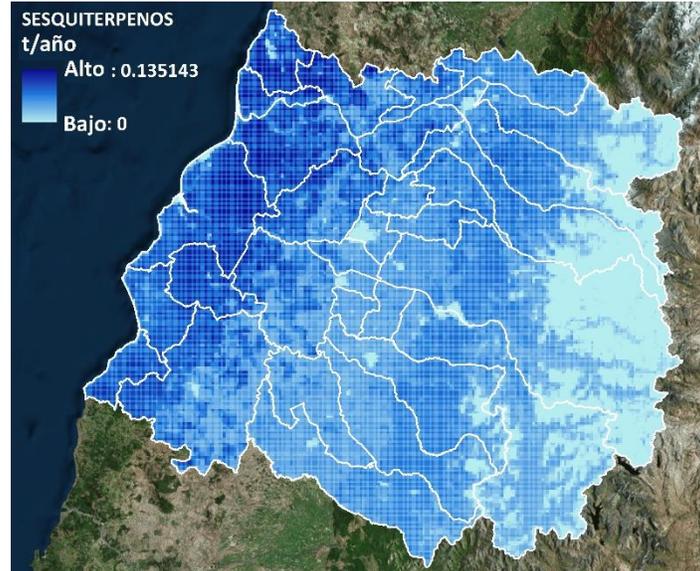
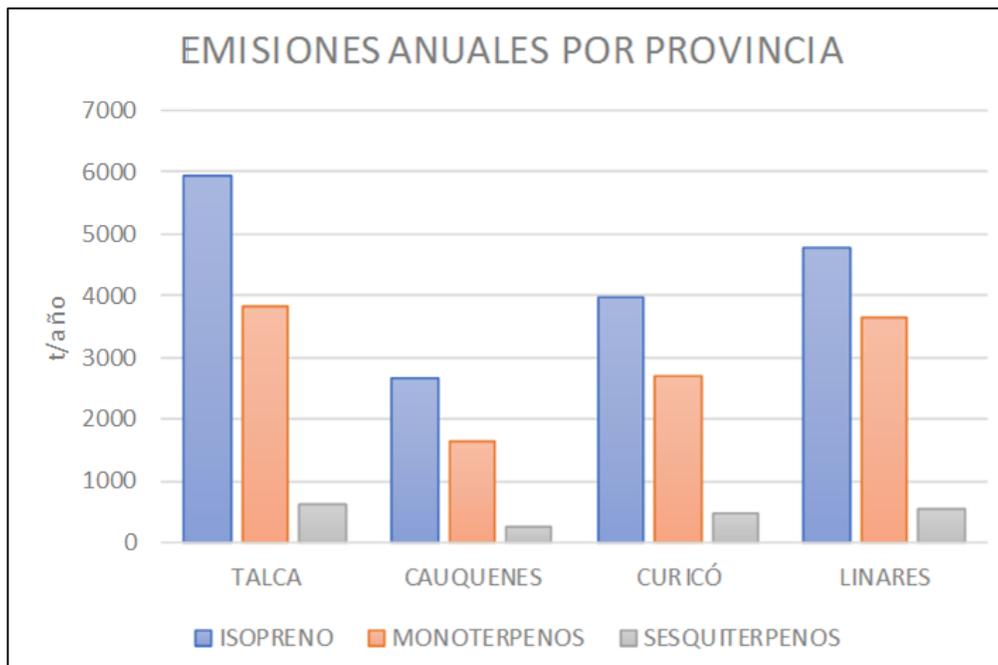


Figura 13: Emisiones biogénicas anuales de sesquiterpenos, Región del Maule.



La zona con mayor emisión es Talca, seguida de Linares, Curicó y Cauquenes, como se puede apreciar en la siguiente figura:

Figura 14: Comparación de las emisiones biogénicas entre provincias, Región del Maule.

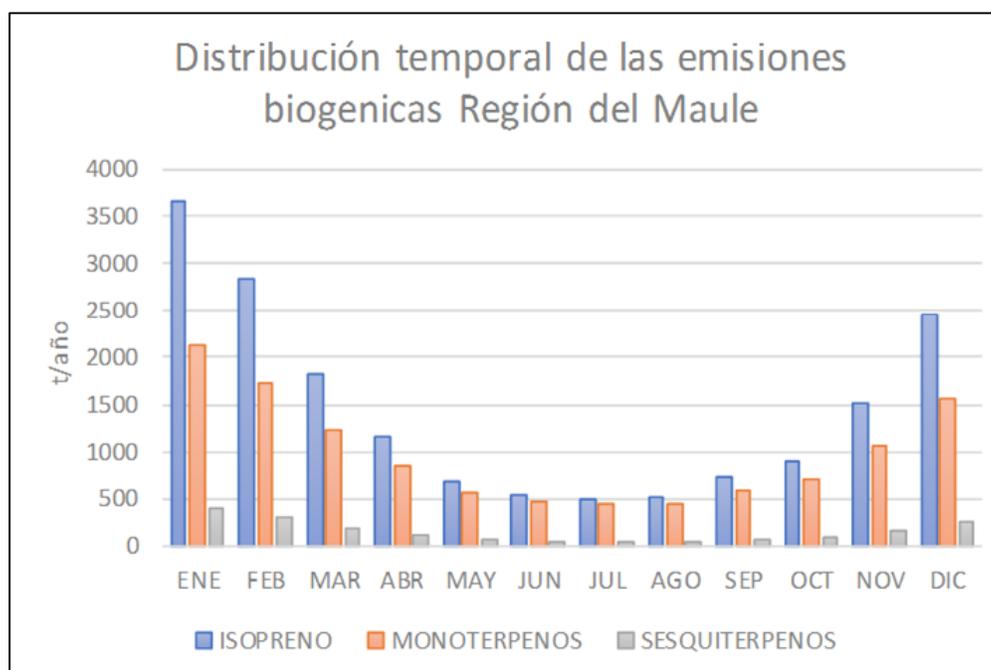




Dividiendo la emisión por superficie de la provincia, se observa que Talca aporta con el 42% de las emisiones por km², seguido de Linares (37%), Curicó (31%) y finalmente Cauquenes (19%).

La mayor cantidad de emisiones se produce en los meses de mayor cantidad de radiación solar, tal como se aprecia en la siguiente figura:

Figura 15: Distribución temporal de las emisiones biogénicas de la Región del Maule.



6.1.3.3.9 Estimación de Emisiones Evaporativas

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para el año 2017 de la Región del Maule a nivel comunal:



Tabla 20: Emisiones Evaporativas Residenciales para la Región del Maule, Año 2017 en t/año

N°	COMUNA	COV	NH ₃
1	CAUQUENES	247,75	44,14
2	CHANCO	54,69	9,74
3	COLBÚN	127,21	22,66
4	CONSTITUCIÓN	282,22	50,28
5	CUREPTO	57,88	10,31
6	CURICÓ	913,63	162,78
7	EMPEDRADO	25,37	4,52
8	HUALAÑÉ	59,16	10,54
9	LICANTÉN	40,76	7,26
10	LINARES	573,42	102,16
11	LONGAVÍ	187,06	33,33
12	MAULE	304,60	54,27
13	MOLINA	281,66	50,18
14	PARRAL	255,07	45,45
15	PELARCO	51,59	9,19
16	PELLUHUE	46,38	8,26
17	PENCAHUE	50,51	9,00
18	RAUCO	64,23	11,44
19	RETIRO	122,36	21,80
20	RÍO CLARO	85,19	15,18
21	ROMERAL	93,04	16,58
22	SAGRADA FAMILIA	113,60	20,24
23	SAN CLEMENTE	265,07	47,23
24	SAN JAVIER	279,03	49,71
25	SAN RAFAEL	56,31	10,03
26	TALCA	1.349,94	207,46
27	TENO	177,17	31,57
28	VICHUQUÉN	26,48	4,72
29	VILLA ALEGRE	99,37	17,70
30	YERBAS BUENAS	110,77	19,73
	Total	6.401,52	1.107,46

Tabla 21: Emisiones Evaporativas Comerciales para la Región del Maule, Año 2017 en t/año

N°	COMUNA	COV
1	CAUQUENES	77,43
2	CHANCO	17,09
3	COLBÚN	39,76
4	CONSTITUCIÓN	88,20
5	CUREPTO	18,09
6	CURICÓ	285,54

N°	COMUNA	COV
7	EMPEDRADO	7,93
8	HUALAÑÉ	18,49
9	LICANTÉN	12,74
10	LINARES	179,21
11	LONGAVÍ	58,46
12	MAULE	95,20
13	MOLINA	88,03
14	PARRAL	79,72
15	PELARCO	16,12
16	PELLUHUE	14,50
17	PENCAHUE	15,79
18	RAUCO	20,07
19	RETIRO	38,24
20	RÍO CLARO	26,62
21	ROMERAL	29,08
22	SAGRADA FAMILIA	35,50
23	SAN CLEMENTE	82,84
24	SAN JAVIER	87,20
25	SAN RAFAEL	17,60
26	TALCA	421,90
27	TENO	55,37
28	VICHUQUÉN	8,27
29	VILLA ALEGRE	31,06
30	YERBAS BUENAS	34,62
	Total	2.000,67

Tabla 22: Emisiones Crianza de Animales para la Región del Maule, Año 2017 en t/año

N°	COMUNA	NH3
1	CAUQUENES	0,47
2	CHANCO	0,12
3	COLBÚN	0,33
4	CONSTITUCIÓN	0,14
5	CUREPTO	0,14
6	CURICÓ	0,39
7	EMPEDRADO	0,04
8	HUALAÑÉ	0,21
9	LICANTÉN	0,07
10	LINARES	0,44
11	LONGAVÍ	0,63
12	MAULE	0,20
13	MOLINA	0,22
14	PARRAL	0,64
15	PELARCO	0,58



N°	COMUNA	NH3
16	PELLUHUE	0,03
17	PENCAHUE	0,12
18	RAUCO	0,06
19	RETIRO	0,57
20	RÍO CLARO	0,45
21	ROMERAL	0,32
22	SAGRADA FAMILIA	0,13
23	SAN CLEMENTE	0,70
24	SAN JAVIER	0,40
25	SAN RAFAEL	0,37
26	TALCA	0,13
27	TENO	0,53
28	VICHUQUÉN	0,06
29	VILLA ALEGRE	0,13
30	YERBAS BUENAS	0,32
	Total	8,94

Tabla 23: Emisiones Aplicación de Fertilizantes para la Región del Maule, Año 2017 en t/año

N°	COMUNA	NH3
1	CAUQUENES	30,07
2	CHANCO	19,82
3	COLBÚN	88,66
4	CONSTITUCIÓN	2,56
5	CUREPTO	22,10
6	CURICÓ	107,34
7	EMPEDRADO	1,59
8	HUALAÑÉ	19,93
9	LICANTÉN	6,86
10	LINARES	115,16
11	LONGAVÍ	186,52
12	MAULE	18,42
13	MOLINA	71,09
14	PARRAL	240,05
15	PELARCO	44,71
16	PELLUHUE	3,66
17	PENCAHUE	55,12
18	RAUCO	22,69
19	RETIRO	136,81
20	RÍO CLARO	85,35
21	ROMERAL	64,34
22	SAGRADA FAMILIA	60,67
23	SAN CLEMENTE	117,46
24	SAN JAVIER	47,11

N°	COMUNA	NH3
25	SAN RAFAEL	50,12
26	TALCA	27,05
27	TENO	113,44
28	VICHUQUÉN	2,42
29	VILLA ALEGRE	41,64
30	YERBAS BUENAS	100,25
	Total	1.903,01

6.1.3.4 Estimación de Emisiones de Fuentes Móviles en Ruta y Fuera de Ruta.

6.1.3.4.1 Estimación de Emisiones Fuentes Móviles en Ruta

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para el año 2017 de la Región del Maule a nivel comunal:

Tabla 24: Emisiones Fuentes Móviles en Ruta para la Región del Maule, Año 2017 en t/año

N°	COMUNA	MP10	MP2,5	CO	COV	SO ₂	NOx	NH ₃	CO ₂
1	CAUQUENES	38,02	38,02	2.770,21	288,37	1,61	662,90	8,60	113.935,70
2	CHANCO	12,86	12,86	647,28	71,27	0,42	205,73	2,03	31.524,92
3	COLBÚN	16,42	16,42	1.164,71	119,74	0,76	328,94	3,85	55.569,41
4	CONSTITUCIÓN	55,39	55,39	2.652,53	286,62	2,25	1.039,12	9,07	177.659,18
5	CUREPTO	9,60	9,60	651,61	64,78	0,47	210,77	2,13	35.366,03
6	CURICÓ	25,64	24,70	1.802,02	476,30	1,09	475,82	6,70	74.060,36
7	EMPEDRADO	9,36	9,36	389,01	44,12	0,30	162,56	1,10	24.273,49
8	HUALAÑÉ	19,05	19,05	957,89	104,42	0,73	321,21	3,36	55.564,30
9	LICANTÉN	16,54	16,54	843,05	91,58	0,68	302,30	2,98	52.061,91
10	LINARES	22,27	21,72	1.162,32	335,92	0,76	398,47	4,25	54.487,40
11	LONGAVÍ	17,73	17,73	1.466,80	147,37	0,86	334,44	4,89	59.910,11
12	MAULE	24,62	24,62	1.919,55	199,51	1,32	529,34	6,26	97.064,36
13	MOLINA	24,61	24,61	1.880,47	195,31	1,16	479,66	6,30	83.432,83
14	PARRAL	33,51	33,51	2.605,80	264,29	1,51	562,42	8,52	104.757,39
15	PELARCO	12,46	12,46	928,41	94,34	1,33	295,77	3,01	120.196,34
16	PELLUHUE	9,54	9,54	655,16	64,50	0,45	146,61	2,48	31.308,70
17	PENCAHUE	13,85	13,85	903,21	91,84	0,67	223,50	2,90	50.848,80
18	RAUCO	27,23	27,23	1.226,70	137,16	1,11	522,89	4,17	89.630,64
19	RETIRO	10,73	10,73	877,35	87,30	0,52	184,80	3,04	35.299,82
20	RÍO CLARO	25,39	25,39	885,46	106,69	1,09	687,45	2,77	97.047,83
21	ROMERAL	26,29	26,29	1.153,46	131,46	1,06	561,10	3,77	87.262,17
22	SAGRADA FAMILIA	19,91	19,91	1.097,46	117,76	0,82	336,53	3,75	62.225,83
23	SAN CLEMENTE	67,35	67,35	4.993,81	505,16	3,08	1.086,06	18,02	212.204,65



N°	COMUNA	MP10	MP2,5	CO	COV	SO ₂	NO _x	NH ₃	CO ₂
24	SAN JAVIER	49,06	49,06	2.968,31	319,49	2,02	891,30	9,77	149.191,31
25	SAN RAFAEL	11,23	11,23	653,78	69,19	0,49	231,21	2,02	38.201,04
26	TALCA	68,58	64,81	5.588,70	1.211,46	3,07	1.110,98	19,33	200.938,67
27	TENO	25,38	25,38	1.220,18	138,53	0,96	493,37	4,25	75.194,93
28	VICHUQUÉN	9,74	9,74	566,02	55,38	0,59	225,58	1,50	47.559,59
29	VILLA ALEGRE	14,33	14,33	976,79	102,08	0,63	255,68	3,31	45.756,93
30	YERBAS BUENAS	15,42	15,42	967,31	103,31	0,68	292,41	3,10	50.448,49
	Total	732,11	726,85	46.575,36	6.025,25	32,49	13.558,92	157,23	2.412.983,13

6.1.3.4.2 Estimación de Emisiones Fuentes Móviles Fuera de Ruta (Off Road)

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para el año 2017 de la Región del Maule a nivel comunal:

Tabla 25: Emisiones Fuentes Móviles Fuera de Ruta para la Región del Maule, Año 2017 en t/año

N°	COMUNA	MP10	MP2,5	CO	COV	SO ₂	NO _x	CO ₂
1	CAUQUENES	0,13	0,13	1,00	0,20	0,01	2,07	335,56
2	CHANCO	0,10	0,10	0,74	0,15	0,01	1,53	247,80
3	COLBÚN	0,18	0,18	1,35	0,27	0,02	2,80	454,30
4	CONSTITUCIÓN	0,21	0,20	1,57	0,32	0,02	3,25	526,58
5	CUREPTO	0,07	0,07	0,55	0,11	0,01	1,15	185,85
6	CURICÓ	0,41	0,40	3,06	0,62	0,03	6,34	1.027,34
7	EMPEDRADO	0,03	0,03	0,25	0,05	0,00	0,51	82,60
8	HUALAÑÉ	0,21	0,20	1,57	0,32	0,02	3,25	526,58
9	LICANTÉN	0,09	0,09	0,66	0,13	0,01	1,37	221,99
10	LINARES	0,66	0,64	4,92	0,99	0,06	10,20	1.652,00
11	LONGAVÍ	0,23	0,23	1,75	0,35	0,02	3,63	588,53
12	MAULE	0,14	0,14	1,08	0,22	0,01	2,23	361,38
13	MOLINA	0,27	0,27	2,04	0,41	0,02	4,24	686,61
14	PARRAL	0,57	0,55	4,26	0,86	0,05	8,83	1.430,02
15	PELARCO	0,13	0,13	0,97	0,19	0,01	2,01	325,24
16	PELLUHUE	0,08	0,08	0,58	0,12	0,01	1,21	196,18
17	PENCAHUE	0,19	0,19	1,45	0,29	0,02	3,00	485,28
18	RAUCO	0,26	0,25	1,94	0,39	0,02	4,01	650,48
19	RETIRO	0,11	0,11	0,81	0,16	0,01	1,69	273,61
20	RÍO CLARO	0,12	0,12	0,89	0,18	0,01	1,85	299,43
21	ROMERAL	0,20	0,19	1,49	0,30	0,02	3,09	500,76
22	SAGRADA FAMILIA	0,21	0,20	1,55	0,31	0,02	3,22	521,41
23	SAN CLEMENTE	0,71	0,69	5,32	1,07	0,06	11,02	1.786,23
24	SAN JAVIER	0,36	0,35	2,69	0,54	0,03	5,58	903,44
25	SAN RAFAEL	0,22	0,22	1,68	0,34	0,02	3,47	562,71
26	TALCA	0,60	0,58	4,47	0,90	0,05	9,27	1.502,29



N°	COMUNA	MP10	MP2,5	CO	COV	SO ₂	NO _x	CO ₂
27	TENO	0,22	0,21	1,61	0,32	0,02	3,35	542,06
28	VICHUQUÉN	0,06	0,06	0,43	0,09	0,00	0,89	144,55
29	VILLA ALEGRE	0,16	0,16	1,20	0,24	0,01	2,49	402,68
30	YERBAS BUENAS	0,40	0,39	2,98	0,60	0,03	6,18	1.001,53
	Total	7,33	7,16	54,86	11,04	0,63	113,73	18.425,02

6.1.3.5 Estimación de Emisiones de Fuentes Fugitivas

6.1.3.5.1 Estimación de Emisiones de Polvo Resuspendido en Caminos

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para el año 2017 de la Región del Maule a nivel comunal:

Tabla 26: Emisiones Polvo Resuspendido en Caminos para la Región del Maule, Año 2017 en t/año

N°	COMUNA	MP10	MP2,5
1	CAUQUENES	77,12	12,31
2	CHANCO	47,06	9,92
3	COLBÚN	25,39	5,55
4	CONSTITUCIÓN	111,63	22,34
5	CUREPTO	55,57	9,79
6	CURICÓ	135,11	20,42
7	EMPEDRADO	67,80	11,26
8	HUALAÑÉ	63,64	13,95
9	LICANTÉN	47,98	11,31
10	LINARES	207,78	30,05
11	LONGAVÍ	25,11	5,85
12	MAULE	22,54	5,28
13	MOLINA	28,99	5,95
14	PARRAL	40,38	7,36
15	PELARCO	28,89	6,50
16	PELLUHUE	28,96	7,01
17	PENCAHUE	24,40	5,24
18	RAUCO	49,84	12,06
19	RETIRO	35,78	7,48
20	RÍO CLARO	88,01	20,59
21	ROMERAL	72,15	14,86
22	SAGRADA FAMILIA	28,12	6,80
23	SAN CLEMENTE	65,12	14,98
24	SAN JAVIER	72,68	14,54



N°	COMUNA	MP10	MP2,5
25	SAN RAFAEL	45,36	10,95
26	TALCA	366,14	52,46
27	TENO	40,26	9,74
28	VICHUQUÉN	44,80	8,29
29	VILLA ALEGRE	43,34	10,45
30	YERBAS BUENAS	27,13	6,30
	Total	2.017,08	379,59

6.1.3.5.2 Estimación de Emisiones Preparación de Terrenos Agrícolas

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para el año 2017 de la Región del Maule a nivel comunal:

Tabla 27: Emisiones Preparación de Terrenos Agrícolas para la Región del Maule, Año 2017 en t/año

N°	COMUNA	MP10
1	CAUQUENES	2,03
2	CHANCO	1,63
3	COLBÚN	6,09
4	CONSTITUCIÓN	0,14
5	CUREPTO	1,29
6	CURICÓ	2,86
7	EMPEDRADO	0,11
8	HUALAÑÉ	1,88
9	LICANTÉN	0,29
10	LINARES	9,50
11	LONGAVÍ	14,55
12	MAULE	2,53
13	MOLINA	2,40
14	PARRAL	20,71
15	PELARCO	3,66
16	PELLUHUE	0,24
17	PENCAHUE	3,18
18	RAUCO	1,39
19	RETIRO	11,53
20	RÍO CLARO	2,90
21	ROMERAL	2,84
22	SAGRADA FAMILIA	3,46
23	SAN CLEMENTE	7,95
24	SAN JAVIER	3,11
25	SAN RAFAEL	2,17



Nº	COMUNA	MP10
26	TALCA	2,62
27	TENO	7,11
28	VICHUQUÉN	0,13
29	VILLA ALEGRE	3,11
30	YERBAS BUENAS	7,04
	Total	128,45

6.1.3.5.3 Estimación de Emisiones Producción de áridos

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para el año 2017 de la Región del Maule a nivel comunal³:

Tabla 28: Emisiones Producción de áridos para la Región del Maule, Año 2017 en t/año

COMUNA	MP10	MP2,5
CONSTITUCIÓN	1,25	0,004
CURICÓ	5,83	0,02
LINARES	10,72	0,03
SAN JAVIER	6,19	0,02
TALCA	2,14	0,01
Total	26,13	0,08

Adicionalmente se realizó una recopilación de los proyectos asociados a la extracción de áridos ingresados en el SEIA y con estado aceptado que cuentan con RCA, cuyos compromisos ambientales en términos de emisiones fueron los siguientes:

³ Para complementar la información disponible se utilizó la aplicación Google Earth con imágenes satelitales, donde fue posible localizar plantas de áridos, principalmente en las comunas de Constitución, Curicó, Linares, San Javier y Talca, donde se concentra principalmente esta actividad en la región del Maule. No se encontraron registros de dicha actividad en otras comunas de la región.



Tabla 29: Emisiones Producción de áridos Proyectos SEIA aprobados con RCA de la Región del Maule, en t/año

Nombre	Comunas	Fecha Calificación	MP10	MP2,5	CO	COV	SO2	NOx	NH3	CO2
Extracción y Procesamiento de Áridos desde el Río Maule, Sector Mellico y Piedra del Lobo	Constitución	30-dic-2015	9,32		2,26		0,50	9,27		0,52
Aumento de Extracción y Procesamiento de Áridos en el Río Maule	Maule	8-ago-2013	7,70		11,80		0,92	18,57		1,92
Explotación Mecanizada de áridos río Lontue sector km 1.500 a 3.650 aguas abajo puente Lontue (e-seia)	Curicó	11-ene-2011	9,35							

Fuente: Elaboración propias en base a SEIA

6.1.3.5.4 Estimación de Emisiones Construcción de Caminos

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para el año 2017 de la Región del Maule a nivel comunal:

Tabla 30: Emisiones Construcción de Caminos para la Región del Maule, Año 2017 en t/año

N°	COMUNA	MP10
1	CAUQUENES	0,08
2	CHANCO	0,00
3	COLBÚN	0,30
4	CONSTITUCIÓN	0,19
5	CUREPTO	0,00
6	CURICÓ	0,42
7	EMPEDRADO	0,03
8	HUALAÑÉ	0,05
9	LICANTÉN	0,15
10	LINARES	0,30
11	LONGAVÍ	0,00
12	MAULE	0,18
13	MOLINA	0,34

N°	COMUNA	MP10
14	PARRAL	0,16
15	PELARCO	0,00
16	PELLUHUE	0,15
17	PENCAHUE	0,20
18	RAUCO	0,20
19	RETIRO	0,13
20	RÍO CLARO	0,08
21	ROMERAL	0,11
22	SAGRADA FAMILIA	0,28
23	SAN CLEMENTE	0,18
24	SAN JAVIER	0,08
25	SAN RAFAEL	0,00
26	TALCA	0,23
27	TENO	0,22
28	VICHUQUÉN	0,34
29	VILLA ALEGRE	0,02
30	YERBAS BUENAS	0,11
	Total	4,53

6.1.3.5.5 Estimación de Emisiones Construcción de Edificios y Viviendas

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para el año 2017 de la Región del Maule a nivel comunal:

Tabla 31: Emisiones Construcción de Edificios y Viviendas para la Región del Maule, Año 2017 en t/año

N°	COMUNA	MP10
1	CAUQUENES	1,19
2	CHANCO	0,16
3	COLBÚN	0,30
4	CONSTITUCIÓN	0,99
5	CUREPTO	0,29
6	CURICÓ	6,30
7	EMPEDRADO	0,03
8	HUALAÑÉ	0,20
9	LICANTÉN	0,22
10	LINARES	1,91
11	LONGAVÍ	0,88
12	MAULE	0,66
13	MOLINA	1,15

N°	COMUNA	MP10
14	PARRAL	0,72
15	PELARCO	0,19
16	PELLUHUE	0,24
17	PENCAHUE	0,17
18	RAUCO	0,14
19	RETIRO	0,46
20	RÍO CLARO	0,11
21	ROMERAL	0,58
22	SAGRADA FAMILIA	0,46
23	SAN CLEMENTE	0,61
24	SAN JAVIER	1,69
25	SAN RAFAEL	0,11
26	TALCA	4,05
27	TENO	0,87
28	VICHUQUÉN	0,23
29	VILLA ALEGRE	0,15
30	YERBAS BUENAS	0,36
	Total	25,42

6.1.4 Proyección de Emisiones en un Horizonte de 15 años

La metodología para realizar la proyección del inventario de emisiones año base 2017 en un horizonte de 15 años, se realizó en base a una serie de criterios según el tipo de actividad emisora. Sin embargo, para algunos casos fue necesario realizar ajustes y supuestos para poder realizar la proyección de los datos. A continuación, se presentan los principales insumos y criterios utilizados para realizar la proyección del inventario de emisiones:

Tabla 32: Proyección de Niveles de Actividad

Tipo de Actividad	Proyección del nivel de actividad
Fuentes Estacionarias Puntuales (Combustión y Procesos)	Proyección de energía en base a estadísticas PIB
Panaderías	Proyección de energía en base a estadísticas PIB
Combustión Residencial de Leña	Proyección de consumo de leña en base a Estudio CDT
Quemas Agrícolas	Proyección de superficie por tipo de cultivo en base a estadísticas Agrícolas INE
Incendios Forestales	Proyección de superficie por tipo de bosque en base a estadísticas Agrícolas INE



Tipo de Actividad	Proyección del nivel de actividad
Cigarrillos	Proyección de población en base a estadísticas INE
Incendios Urbanos	Proyección de viviendas en base a estadísticas INE
Combustión Residencial de GLP, GN, GC y Kerosene	Proyección de combustibles en base a estadísticas SEC
Evaporativas Comerciales (Distribución de Combustible)	Proyección de combustibles en base a estadísticas SEC
Fugas de GLP	Proyección de combustibles en base a estadísticas SEC
Evaporativas Comerciales (Lavasecos, Imprenta y Recubrimiento Industrial de Superficies)	Proyección de población en base a estadísticas INE
Evaporativas Comerciales (Fertilizantes)	Proyección de superficie por tipo de cultivo en base a estadísticas Agrícolas INE
Evaporativas Comerciales (Crianza de Animales)	Proyección de animales por tipo en base a estadísticas Pecuarias INE
Evaporativas Residenciales	Proyección de población en base a estadísticas INE
Fuentes Móviles en Ruta	Proyección de parque vehicular en base a permisos de circulación INE
Fuentes Móviles Fuera de Ruta	Proyección de superficie por tipo de cultivo en base a estadísticas Agrícolas INE
Polvo Resuspendido en Caminos	Proyección de parque vehicular en base a permisos de circulación INE
Preparación de Terrenos	Proyección de superficie por tipo de cultivo en base a estadísticas Agrícolas INE
Producción de Áridos	Proyección de volumen de áridos en base a estadísticas PIB (sector construcción)
Construcción de Caminos	Proyección de superficie construida en base a estadísticas PIB (sector construcción)
Construcción de Viviendas	Proyección de superficie construida en base a estadísticas PIB (sector inmobiliario)
Producción de Ladrillos	Proyección de superficie construida en base a estadísticas PIB (sector construcción)

Tal como se mencionó anteriormente, el detalle de los criterios y supuestos utilizados se encuentra en las planillas Excel con la proyección de las emisiones de ambos escenarios (conservador y optimista), todas ellas contenidas en anexo digital, en el archivo denominado "Inventario_2032.rar".



6.1.5 Escenarios de Proyección de Emisiones (Conservador y Optimista)

- i. Respecto a la proyección de emisiones, se deberán plantear escenarios de proyección del inventario, para al menos un escenario conservador y un escenario optimista. Los supuestos de cada escenario fueron discutidos con la contraparte técnica considerando regulaciones y normativas nuevas, supuestos de penetración de nuevos combustibles, entrada en vigencia del Plan de Descontaminación Atmosférica para las comunas de Talca y Maule (DS N° 49, de 2015, del Ministerio del Medio Ambiente), entre otros.

Se generaron dos escenarios de emisiones proyectados al año 2032, uno conservador y uno optimista. Los inventarios de emisiones proyectados consideraron la proyección de los niveles de actividad de todos los tipos de fuentes presentadas en la Tabla 32. La diferencia entre los escenarios conservador y optimista se realizó para los siguientes tipos de actividades emisoras:

- Fuentes Estacionarias Puntuales
- Fuentes Móviles en Ruta
- Combustión Residencial de Leña

Para el resto de las actividades emisoras, se consideró la misma proyección en ambos escenarios, principalmente debido a que no existe regulación asociada a reducción de emisiones para estos tipos de actividades. Lo anterior se sustenta en el Plan de Descontaminación Atmosférica para las comunas de Talca y Maule (DS N° 49, de 2015, del Ministerio del Medio Ambiente), el cual fue utilizado como base para elaborar los distintos escenarios regulatorios, dicho PDA se utilizó para Fuentes Estacionarias Puntuales y Combustión Residencial de Leña. Por su parte, en el caso de Fuentes Móviles en Ruta, el principal criterio se refiere al ingreso de las nuevas normas tecnológicas para los vehículos, las cuales están dadas por el ingreso de nuevas categorías EURO y el retiro de las más antiguas.



A continuación, se presenta como fueron diferenciados ambos escenarios (conservador y optimista) según el tipo de fuente emisora:

Tabla 33: Diferencias Escenarios Conservador y Optimista por tipo de fuente

TIPO DE FUENTE	ESCENARIOS	
	CONSERVADOR	OPTIMISTA
Combustión Residencial de Leña	Las medidas del PDA solo aplican a las comunas de Talca y Maule	Las medidas del PDA aplican a todas las comunas de la Región del Maule
Fuentes Estacionarias Puntuales	Las medidas del PDA solo aplican a las comunas de Talca y Maule y las fuentes cumplen la normativa. Además, se asume el cumplimiento de la norma de emisión para centrales termoeléctricas. En el caso de la norma de emisión para fundiciones de cobre y fuentes emisoras de arsénico, se aclara que no existen fuentes de este tipo en la zona de estudio, sólo fundiciones secundarias.	Se consideraron las mismas medidas del escenario conservador, pero se adiciona el cumplimiento de los límites de emisión del proyecto definitivo de norma de emisión para calderas con fecha 09 de marzo del 2018. Estos límites se aplican a todas las comunas de la Región del Maule y en el caso de las comunas de Talca y Maule sólo se aplica el complemento a los límites del plan de descontaminación.
Fuentes Móviles en Ruta	Se consideró la evolución del parque vehicular en base a la tasa de retiro, asumiendo que en el futuro existe las mismas categorías tecnológicas que en la actualidad.	Se consideró la evolución del parque vehicular en base a la tasa de retiro, asumiendo que en un futuro cercano (2021) entrará en vigencia la nueva categoría tecnológica EURO 6.

A continuación, se presentan los principales pasos y supuestos utilizados para ambos escenarios proyectados:

Tabla 34: Medidas Escenarios Conservador y Optimista “Combustión Residencial de Leña”

MEDIDAS ESCENARIOS	
CONSERVADOR	OPTIMISTA
1. Se prohíbe en las comunas de Talca y Maule, el uso de leña que no cumpla los requerimientos técnicos de la Norma NCh2907, de acuerdo a la especificación "leña seca" establecida en la tabla 1 de dicha Norma, la cual define como leña seca aquella que tiene un contenido de humedad menor o igual a 25% en base seca.	1. Se prohíbe en todas las comunas de la Región del Maule, el uso de leña que no cumpla los requerimientos técnicos de la Norma NCh2907, de acuerdo a la especificación "leña seca" establecida en la tabla 1 de dicha Norma, la cual define como leña seca aquella que tiene un contenido de humedad menor o igual a 25% en base seca.
2. Se prohíbe en la zona saturada utilizar chimeneas de hogar abierto, destinadas a la	2. Se prohíbe en la zona saturada utilizar chimeneas de hogar abierto, destinadas a la

MEDIDAS ESCENARIOS	
CONSERVADOR	OPTIMISTA
calefacción de viviendas y de establecimientos públicos o privados	calefacción de viviendas y de establecimientos públicos o privados
3. Se prohíbe dentro de la zona saturada, el uso de cocinas a leña y calefactores a leña del tipo salamandras y hechizos.	3. Se prohíbe dentro de la zona saturada, el uso de cocinas a leña y calefactores a leña del tipo salamandras y hechizos.
4. Transcurridos 5 años desde la publicación del presente decreto en el Diario Oficial (DS N° 49, de 2015, del Ministerio del Medio Ambiente), queda prohibido en la zona saturada, el uso de calefactores a leña del tipo cámara simple (sin templador), que no cumplan con la Norma de Emisión de Material Particulado para los artefactos que combustioneen o puedan combustioneen leña y pellet de madera (DS N° 39, de 2011, del Ministerio del Medio Ambiente).	4. Transcurridos 5 años desde la publicación del presente decreto en el Diario Oficial (DS N° 49, de 2015, del Ministerio del Medio Ambiente), queda prohibido en la zona saturada, el uso de calefactores a leña del tipo cámara simple (sin templador), que no cumplan con la Norma de Emisión de Material Particulado para los artefactos que combustioneen o puedan combustioneen leña y pellet de madera (DS N° 39, de 2011, del Ministerio del Medio Ambiente).
5. Transcurridos 10 años desde la publicación del presente decreto en el Diario Oficial (DS N° 49, de 2015, del Ministerio del Medio Ambiente), queda prohibido dentro de la zona saturada, el uso de todos los calefactores que no cumplan con la Norma de Emisión de Material Particulado para los artefactos que combustioneen o puedan combustioneen leña y pellet de madera (DS N° 39, de 2011, del Ministerio del Medio Ambiente).	5. Transcurridos 10 años desde la publicación del presente decreto en el Diario Oficial (DS N° 49, de 2015, del Ministerio del Medio Ambiente), queda prohibido dentro de la zona saturada, el uso de todos los calefactores que no cumplan con la Norma de Emisión de Material Particulado para los artefactos que combustioneen o puedan combustioneen leña y pellet de madera (DS N° 39, de 2011, del Ministerio del Medio Ambiente).
6. La SEREMI del Medio Ambiente diseñará y ejecutará un programa de recambio voluntario de calefactores y cocinas a leña existentes en la zona saturada	6. La SEREMI del Medio Ambiente diseñará y ejecutará un programa de recambio voluntario de calefactores y cocinas a leña existentes en la zona saturada
7. Un recambio de al menos 13.000 artefactos existentes a leña, en el periodo de implementación del Plan en las comunas de Talca y Maule, con el objetivo de acelerar el recambio de calefactores, por sistemas de calefacción más eficientes y de menores emisiones de partículas y que no generen emisiones en el interior de la vivienda: a) Se asume recambio de calefactores a leña por otros artefactos de calefacción residencial que funcionen con otros combustibles más limpios, según la siguiente distribución: 60% corresponden a artefactos a Pellet 13,3% corresponden a artefactos a Gas Licuado 13,3% corresponden a artefactos a Kerosene 13,3% corresponden a artefactos Eléctricos b) Se asume la cantidad de 234.279 artefactos totales en la Región del Maule, en el año 2015 según estudio CDT. i) Se proyecta cantidad de artefactos al 2032 ii) Se descuenta consumo de combustible	7. Un recambio proporcional a los 13.000 artefactos existentes a leña recambiados en las comunas de Talca y Maule para el resto de las comunas de la Región del Maule, en el periodo de implementación del Plan, con el objetivo de acelerar el recambio de calefactores, por sistemas de calefacción más eficientes y de menores emisiones de partículas y que no generen emisiones en el interior de la vivienda: a) Se asume recambio de calefactores a leña por otros artefactos de calefacción residencial que funcionen con otros combustibles más limpios, según la siguiente distribución: 60% corresponden a artefactos a Pellet 13,3% corresponden a artefactos a Gas Licuado 13,3% corresponden a artefactos a Kerosene 13,3% corresponden a artefactos Eléctricos b) Se asume la cantidad de 234.279 artefactos totales en la Región del Maule, en el año 2015 según estudio CDT.



MEDIDAS ESCENARIOS	
CONSERVADOR	OPTIMISTA
<p>equivalente a los 13.000 calefactores en Talca-Maule (equivalente a 50% de calefactores totales al año 2032)</p> <p>iii) Se calcula emisiones de artefactos recambiados según distribución por tipo utilizando los siguientes supuestos:</p> <p>Consumo promedio anual de artefacto a pellet: 2.930,2 kg/(año-artefacto)</p> <p>Consumo promedio anual de artefacto a gas licuado: 293,02 kg/(año-artefacto)</p> <p>Consumo promedio anual de artefacto a kerosene: 522,4 kg/(año-artefacto)</p> <p>iv) Se agregan emisiones los artefactos recambiados de gas licuado y kerosene a las respectivas categorías de combustión residencial, menos las emisiones de los artefactos a pellet que se sumó a la misma categoría de combustión residencial de leña.</p>	<p>i) Se proyecta cantidad de artefactos al 2032</p> <p>ii) Se descuenta consumo de combustible equivalente a los 13.000 calefactores en Talca-Maule (equivalente a 50% de calefactores totales al año 2032)</p> <p>iii) Se descuenta consumo de combustible equivalente a la misma proporción de calefactores utilizada en Talca-Maule, aplicada en el resto de las comunas.</p> <p>iv) Se calcula emisiones de artefactos recambiados según distribución por tipo utilizando los siguientes supuestos:</p> <p>Consumo promedio anual de artefacto a pellet: 2.930,2 kg/(año-artefacto)</p> <p>Consumo promedio anual de artefacto a gas licuado: 293,02 kg/(año-artefacto)</p> <p>Consumo promedio anual de artefacto a kerosene: 522,4 kg/(año-artefacto)</p> <p>v) Se agregan emisiones los artefactos recambiados de gas licuado y kerosene a las respectivas categorías de combustión residencial, menos las emisiones de los artefactos a pellet que se sumó a la misma categoría de combustión residencial de leña.</p>

En conclusión, en el año 2032 para las comunas de Talca y Maule (en el caso del escenario conservador) y para todas las comunas de la Región del Maule (en el caso del escenario optimista) debería estar prohibido el uso de leña que no sea del tipo “seca” según la Norma NCh2907, además para todos los equipos hechizos, salamandras, cocinas y calefactores simples también estará prohibido su uso, y se asume su recambio por equipos certificados, un porcentaje de este recambio está asociado al uso de artefactos que funcionan con otros combustibles más limpios, como Pellet, GLP y Kerosene.

Tabla 35: Medidas Escenarios Conservador y Optimista “Fuentes Estacionarias Puntuales”

MEDIDAS ESCENARIOS	
CONSERVADOR	OPTIMISTA
<p>1. Se evalúa el cumplimiento de normas de emisión principalmente para calderas existentes utilizando concentraciones medidas o estimadas (*). En este escenario sólo se evalúan los límites del plan de descontaminación para Talca y Maule y los</p>	<p>1. Se evalúa el cumplimiento de normas de emisión principalmente para calderas existentes utilizando concentraciones medidas o estimadas (*). En este caso escenario se evalúan los límites del plan de descontaminación para Talca y Maule y los</p>

MEDIDAS ESCENARIOS	
CONSERVADOR	OPTIMISTA
límites de la norma de Termoeléctricas para todas las unidades de generación de la región. Para el resto de las comunas de la Región no se aplican límites de emisión.	límites de la norma de Termoeléctricas para todas las unidades de generación de la región. Además, se agregan los límites del proyecto definitivo de norma de emisión para calderas para el resto de las comunas de la región y en el caso de Talca y Maule sólo se evalúa el complemento. Entendiendo por complemento aquellos límites de emisión presentes en la norma de calderas, pero no presentes en el plan de descontaminación.
2. Para las calderas que no cumplen se efectúa un cambio de combustible por petróleo diésel o gas licuado en el caso de calderas de potencia menor o igual a 3 MW y en el caso de calderas de mayor tamaño se asume un cambio tecnológico o tecnología de control que le permiten cumplir con las concentraciones normadas y se verifica que el 100% de las fuentes afectadas por la norma cumplan (el cambio de combustible implica recalcular los consumos de combustible y reevaluar la emisiones y el cambio tecnológico o aplicación de quipos de control implica igualar las concentraciones que exceden a las concentraciones establecidas en normas). Este cálculo permite obtener las fuentes existentes del tipo caldera al año proyectado (se asume que no crece su consumo de combustible, la proyección del consumo se asociará a fuentes nuevas principalmente).	2. Para las calderas que no cumplen se efectúa un cambio de combustible por petróleo diésel o gas licuado en el caso de calderas de potencia menor o igual a 3 MW y en el caso de calderas de mayor tamaño se asume un cambio tecnológico o tecnología de control que le permiten cumplir con las concentraciones normadas y se verifica que el 100% de las fuentes afectadas por la norma cumplan (el cambio de combustible implica recalcular los consumos de combustible y reevaluar la emisiones y el cambio tecnológico o aplicación de quipos de control implica igualar las concentraciones que exceden a las concentraciones establecidas en normas). Este cálculo permite obtener las fuentes existentes del tipo caldera al año proyectado (se asume que no crece su consumo de combustible, la proyección del consumo se asociará a fuentes nuevas principalmente).
3. Para la proyección tanto en el caso de procesos y fuentes de combustión se toma como porcentaje de crecimiento anual el promedio de las variaciones de los años 2014, 2015 y 2016 para el PIB referencia 2013 real. Que da un promedio de 2,9% anual.	3. Para la proyección tanto en el caso de procesos y fuentes de combustión se toma como porcentaje de crecimiento anual el promedio de las variaciones de los años 2014, 2015 y 2016 para el PIB referencia 2013 real. Que da un promedio de 2,9% anual.
4. La proyección en el caso de procesos se efectúa proyectando directamente el nivel de actividad o equivalentemente las emisiones de las fuentes.	4. La proyección en el caso de procesos se efectúa proyectando directamente el nivel de actividad o equivalentemente las emisiones de las fuentes.
5. En el caso de la proyección de consumo de combustible, se calcula el crecimiento del consumo de energía y se le aplican tasas de emisión promedios obtenidas de un escenario con las fuentes existentes, pero cumpliendo normas de fuentes nuevas. Límites del Plan de descontaminación, del proyecto definitivo de norma de calderas y norma de termoeléctricas, según el escenario (esto se considera representativo en promedio de las emisiones de consumo de energía de las nuevas fuentes que ingresen).	5. En el caso de la proyección de consumo de combustible, se calcula el crecimiento del consumo de energía y se le aplican tasas de emisión promedios obtenidas de un escenario con las fuentes existentes, pero cumpliendo normas de fuentes nuevas. Límites del Plan de descontaminación, del proyecto definitivo de norma de calderas y norma de termoeléctricas, según el escenario (esto se considera representativo en promedio de las emisiones de consumo de energía de las nuevas fuentes que ingresen).

MEDIDAS ESCENARIOS	
CONSERVADOR	OPTIMISTA
6. Al final se suman por comuna y tipo de fuente las emisiones de todas las fuentes de consumo de combustible existente con cumplimiento de normas, más las emisiones de los procesos proyectadas, más las emisiones del aumento del consumo de energía.	6. Al final se suman por comuna y tipo de fuente las emisiones de todas las fuentes de consumo de combustible existente con cumplimiento de normas, más las emisiones de los procesos proyectadas, más las emisiones del aumento del consumo de energía.
<p>(*): Tanto en el escenario conservador como optimista las concentraciones de las fuentes para evaluar su cumplimiento, pueden ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Medidas: las que son obtenidas directamente del formulario 138 del MINSAL. • Estimadas: utilizando para esto la estimación de caudal de gases utilizando la estimación gases de escape real (Ger) que están en función del tipo de combustible, expresados en Nm³/kg de combustible y luego obteniendo la concentración a partir de la emisión estimada, utilizando las siguientes ecuaciones. <p>El caudal se determina mediante la siguiente ecuación:</p> $\text{Caudal} = (\text{Ger} * \text{Consumo de combustible}) / \text{Nivel de actividad}$ <p>Donde el consumo de combustible como el nivel de actividad son datos provenientes del F138 del MINSAL (Decreto Supremo 138/2005 MINSAL).</p> <p>La concentración se calcula mediante la siguiente ecuación:</p> $\text{Concentración} = \text{Emisión} / \text{Caudal}$ <p>Donde la emisión es un dato proveniente de la aplicación de factores de emisión.</p> <p>El detalle de los valores de Ger por tipo de combustibles se encuentra en el archivo "Inventario_2017.rar" del anexo digital, específicamente en las planillas denominadas "Fuentes_Puntuales_2032c_corr.xlsx" y "Fuentes_Puntuales_2032o_corr.xlsx" hoja "Calculo de Caudal y Concentr".</p> <p>Este mismo método fue utilizado en el estudio "Generación de antecedentes técnicos y económicos para la elaboración de una norma de emisión para calderas y procesos con combustión en el sector industrial, comercial y residencial" desarrollado por SISTAM para el MMA año 2013.</p>	

Tabla 36: Medidas Escenarios Conservador y Optimista "Fuentes Móviles en Ruta"

MEDIDAS ESCENARIOS	
CONSERVADOR	OPTIMISTA
Se hizo el supuesto de que las composiciones tecnológicas del parque vehicular son iguales a la del escenario base.	Se hizo el supuesto de que las composiciones tecnológicas del parque vehicular cambian respecto del escenario base.



MEDIDAS ESCENARIOS	
CONSERVADOR	OPTIMISTA
1. Proyección del parque vehicular (CCF6) en base a la serie histórica.	1. Proyección del parque vehicular (CCF6) en base a la serie histórica.
2. Aplicación de composiciones tecnológicas (CCF8) al parque vehicular (CCF6) proyectado.	2. Aplicación de tasa de retiro decreciente hasta hacerse "0" para algunas categorías vehiculares con tecnologías "Sin Norma", "Euro 1", "Euro 2" y "Euro 3".
3. Aplicación de metodología Top Down para estimar emisiones.	3. Crecimiento de la categoría tecnológica "Euro 5" en base a compensación de las tasas de retiro de los vehículos "Sin Norma", "Euro 1", "Euro 2" y "Euro 3" que tienden a decrecer en el tiempo.
4. En el caso de las ciudades con modelo de transporte se proyectaron las emisiones del año 2017 en base al crecimiento de la serie histórica (2008-2017) del parque.	4. Entrada en vigencia de la nueva categoría tecnológica EURO 6 a partir del año 2021.
5. Aplicación de la composición tecnológica base año 2017 a las emisiones proyectadas.	5. Aplicación de las tasas de crecimiento y retiro para la obtención de una composición por tecnología (CCF8) al año proyectado.
	6. Aplicación de composiciones tecnológicas (CCF8) al parque vehicular (CCF6) proyectado.
	7. Aplicación de metodología Top Down para estimar emisiones.
	8. En el caso de las ciudades con modelo de transporte se utilizó la composición tecnológica (CCF8) obtenida con tasas de crecimiento y retiro a las emisiones proyectadas.

En el siguiente punto se presentan las emisiones obtenidas para ambos escenarios proyectados (conservador y optimista).

6.1.5.1 Resumen de Inventario de Emisiones, Año Base 2032 (Escenario Conservador)

A continuación, se presentan los principales resultados del inventario de emisiones realizado en la Región del Maule, Año 2032 para el escenario conservador, agrupados para las principales categorías.

Tabla 37: Emisiones Totales para la Región del Maule, año 2032 (conservador) en t/año

GRUPO	MP10	MP2,5	CO	COV	SO2	NOx	NH3	CO2
FUENTES AREALES	10.870,55	10.148,13	174.801,27	114.346,89	115,87	2.082,07	3.478,07	958.963,66



GRUPO	MP10	MP2,5	CO	COV	SO2	NOx	NH3	CO2
FUENTES FIJAS	1.383,62	1.190,38	60.573,81	916,25	4.585,62	24.349,68	1.253,62	16.027.701,16
FUENTES MÓVILES	593,36	585,00	46.384,06	6.377,21	50,62	19.050,47	171,38	4.282.452,11
POLVO FUGITIVO	3.382,38	603,12						
TOTAL	16.229,92	12.526,64	281.759,15	121.640,35	4.752,11	45.482,22	4.903,07	21.269.116,93

6.1.5.2 Resumen de Inventario de Emisiones, Año Base 2032 (Escenario Optimista)

A continuación, se presentan los principales resultados del inventario de emisiones realizado en la Región del Maule, Año 2032 para el escenario optimista, agrupados para las principales categorías.

Tabla 38: Emisiones Totales para la Región del Maule, año 2032 (optimista) en t/año

GRUPO	MP10	MP2,5	CO	COV	SO2	NOx	NH3	CO2
FUENTES AREALES	3.871,12	3.635,47	58.232,54	39.805,26	127,75	1.474,27	3.293,67	667.292,29
FUENTES FIJAS	928,73	764,90	59.526,79	907,14	3.449,27	24.001,86	1.146,69	16.028.528,60
FUENTES MÓVILES	354,77	346,41	43.494,45	6.013,10	48,54	10.212,72	157,65	4.122.633,11
POLVO FUGITIVO	3.382,38	603,12						
TOTAL	8.537,00	5.349,90	161.253,78	46.725,50	3.625,57	35.688,85	4.598,01	20.818.454,01

6.1.5.3 Comparación de Emisiones, Escenario Base 2017 vs Escenarios Proyectados (Conservador y Optimista)

A continuación, se presenta una comparación de las emisiones del escenario base respecto a los escenarios proyectados conservador y optimista.

Figura 16: Comparación de Emisiones Totales MP10 para la Región del Maule, año 2017 vs 2032 (conservador y optimista) en t/año

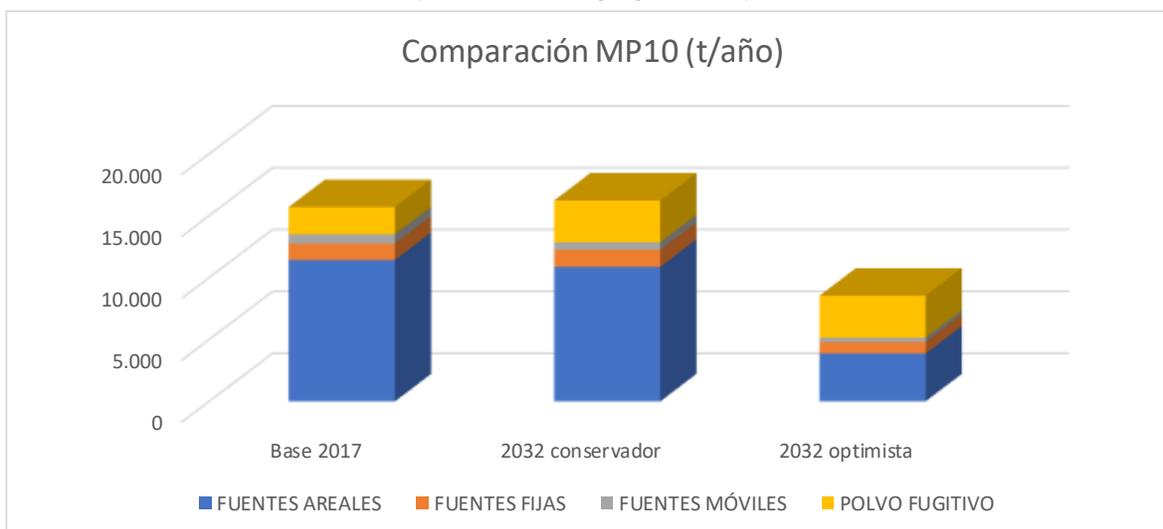


Figura 17: Comparación de Emisiones Totales MP2,5 para la Región del Maule, año 2017 vs 2032 (conservador y optimista) en t/año

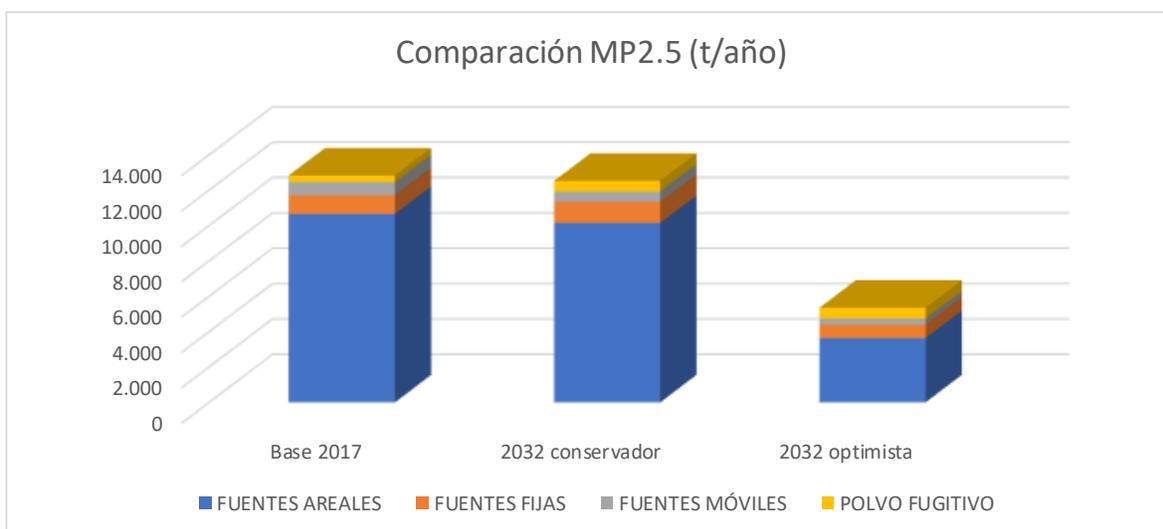


Figura 18: Comparación de Emisiones Totales SOx para la Región del Maule, año 2017 vs 2032 (conservador y optimista) en t/año

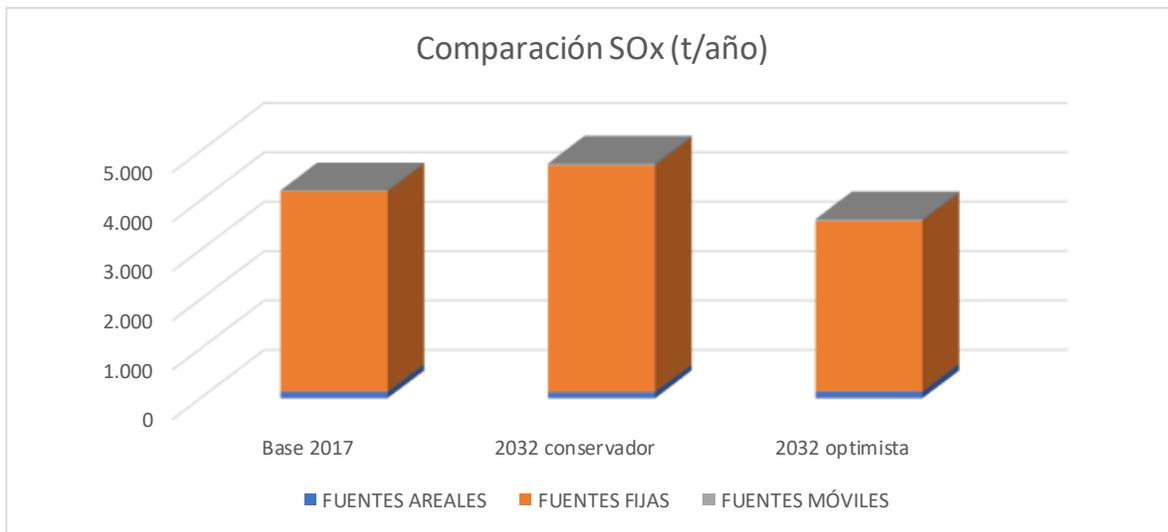
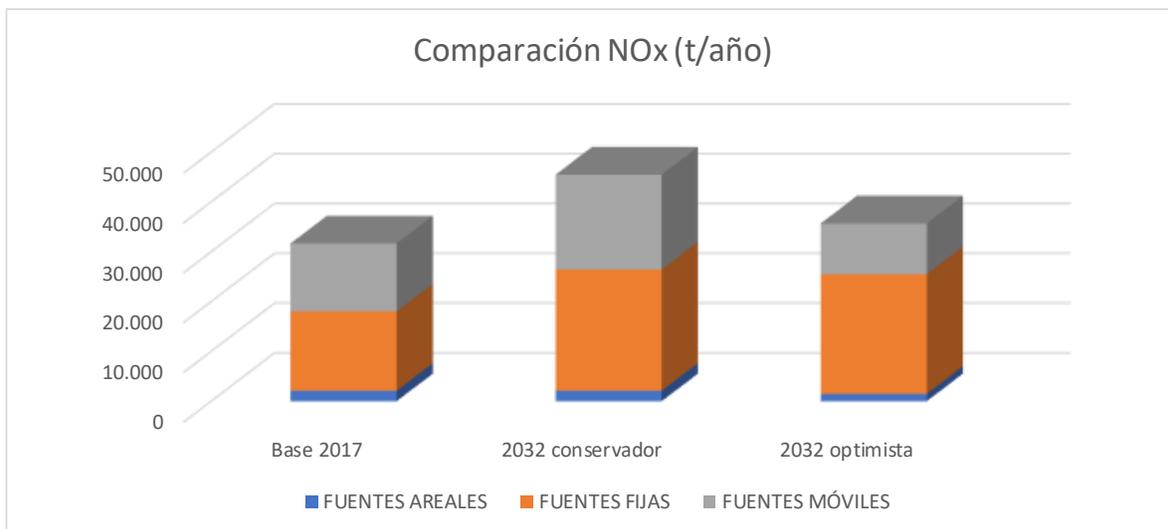


Figura 19: Comparación de Emisiones Totales NOx para la Región del Maule, año 2017 vs 2032 (conservador y optimista) en t/año





6.1.6 Elaboración de Inventario de Emisiones en Formato Excel

Se elaboraron planillas Excel detalladas con los inventarios de emisiones de la situación actual y proyectado para los escenarios “conservador” y “optimista”, dichas planillas contienen la información de relevancia en la estimación de emisiones, tales como formulas (factores de emisión), fuentes de información, parámetro, variables, supuesto, entre otros. Estas planillas fueron confeccionadas para cada actividad emisora tienen resolución comunal y se encuentran contenidas en el anexo digital, en los archivos denominados “Inventario_2017.rar” y “Inventario_2032.rar”.

Adicionalmente, se cuenta con las planillas resúmenes de los inventarios de emisiones para todos los escenarios, estas planillas contienen el total de las emisiones y están referenciadas a las planillas con el detalle de cada cálculo que se mencionaron en el párrafo anterior. Las planillas Excel resúmenes se encuentran contenidas en el anexo digital, en los archivos denominados “Inventario_2017.rar” y “Inventario_2032.rar”, específicamente los siguientes archivos Excel:

- Estructura_inv_maule_2017_corr_v4.xlsx
- Estructura_inv_maule_(2032c)_corr_v3.xlsx
- Estructura_inv_maule_(2032o)_corr_v3.xlsx



6.2 Objetivo b) Aplicación de control de calidad sobre el inventario de emisiones realizado

6.2.1 Metodología de control de calidad para el inventario de emisiones

Para el control de calidad realizó una evaluación cualitativa de la incertidumbre, la que a continuación se describe en detalle:

Metodología de control de calidad para el inventario de emisiones

Para obtener la medición cualitativa del nivel de incertidumbre con la cual se estimaron las emisiones de los diferentes contaminantes, se siguió la clasificación de calidad utilizada por la EPA en base a los factores de emisión utilizados. En la tabla siguiente se describe la clasificación:

Tabla 39. Clasificación de calidad EPA

Tipo	Clasificación	Descripción
A	Excelente:	Factor posee una clasificación A o B en cuanto a calidad de los datos; los cuales fueron tomados desde la población industrial en forma aleatoria y se cuenta con un gran número de ellos. Adicionalmente la categoría de fuentes de la población es suficientemente representativa como para minimizar variabilidad.
B	Sobre el promedio:	Factor posee una clasificación A o B en cuanto a la calidad de los datos, la muestra incluye un número razonable de plantas industriales, pero no está claro si las pruebas efectuadas corresponden a una muestra aleatoria de la población. Adicionalmente la categoría de fuentes de la población es suficientemente representativa como para minimizar variabilidad
C	Promedio:	Factor posee una clasificación A, B o C en cuanto a la calidad de los datos, la muestra incluye un número razonable de plantas industriales, pero no está claro si las pruebas efectuadas corresponden a una muestra aleatoria de la población. Adicionalmente la categoría de fuentes de la población es suficientemente representativa como para minimizar variabilidad
D	Bajo el promedio:	Factor posee una clasificación A, B o C en cuanto a la calidad de los datos, la muestra incluye solo un pequeño número de plantas industriales, razón suficiente para suponer que la muestra no es representativa de la población de la industria. Adicionalmente puede haber evidencia de variabilidad dentro de la población de fuentes.
E	Calidad pobre:	Factor posee una clasificación C o D en cuanto a la calidad de los datos, existen muchas razones para creer que las pruebas no representan una muestra aleatoria de la población. Adicionalmente puede haber evidencia de variabilidad dentro de la población de fuentes.

Fuente: EPA-AP42, Introduction to AP 42, Volume I, Fifth Edition



La clasificación anterior se aplicó a los diferentes factores de emisión que fueron utilizados en el cálculo de emisiones del inventario. Clasificaciones similares fueron aplicadas a las estimaciones del nivel de actividad. Por lo anterior, se obtuvieron clasificaciones cualitativas tanto de las estimaciones de los factores de emisión, como de los niveles de actividad.

A continuación, se presentan los métodos para desarrollar las mediciones cualitativas de la incertidumbre en las estimaciones de las emisiones de los contaminantes.

6.2.1.1 Valoración cualitativa de las incertidumbres.

a) Estimación de emisiones con un solo tipo de actividad.

En términos generales la emisión de un contaminante determinado viene dada por una expresión del tipo:

$$Emisión = FE * NA$$

Tanto FE, el factor de emisión, como NA el nivel de actividad, son estimaciones y por lo tanto están sujetas a error. Un buen método en las estimaciones es entregar el intervalo de confianza sobre el parámetro a estimar. Por lo tanto, se tendrán ecuaciones de la forma:

$$E[FE] = FE \pm t_{\alpha} \sigma_f$$

Dónde:

E[FE]= Valor esperado del factor de emisión

$FE \pm t_{\alpha} \sigma_f$ = Valor de la distribución normal para el error total/2 del intervalo de confianza del Factor de Emisión

$$E[NA] = NA \pm t_{\alpha} \sigma_N$$

Dónde:

E[NA]= Valor esperado del nivel de actividad



$NA \pm t_{\alpha} \sigma_N$ = Valor de la distribución normal para el error total/2 del intervalo de confianza del Nivel de Actividad

Es decir, el valor esperado del factor de emisión se encontrará en el intervalo $FE \pm t_{\alpha} \sigma_f$, con una probabilidad $(1 - \alpha)$, donde se considera el FE, como una estimación para el factor de emisión. Análogamente ocurre con la estimación para el nivel de actividad. Para calcular las estimaciones, el verdadero valor de la emisión estará en un intervalo de la forma:

$$[I. Emisión] = (FE \pm t_{\alpha} \sigma_f)(NA \pm t_{\alpha} \sigma_N)$$

$$[I. Emisión] = FE \cdot NA \pm t_{\alpha} \sigma_f NA \pm t_{\alpha} \sigma_N FE \pm t_{\alpha}^2 \sigma_f \sigma_N \sigma_N$$

Dónde:

$[I. Emisión]$ = Intervalo de Emisión

$FE \pm t_{\alpha} \sigma_f$ = Intervalo de confianza del Factor de Emisión

$NA \pm t_{\alpha} \sigma_N$ = Valor de la distribución normal para el error total/2 del intervalo de confianza del Nivel de Actividad

Al usar la variable de emisión se obtendrá que el largo del intervalo vendrá dado por $t_{\alpha} \sigma_{Emisión}$, por lo cual igualando tendremos:

$$\sigma_{Emisión} = \sigma_f NA \pm \sigma_N FE \pm t_{\alpha} \sigma_f \sigma_N \sigma_N$$

Al dividir por la emisión esperada, se obtiene el coeficiente de variación de la variable emisión:

$$E[C.V. Emisión] = \frac{\sigma_{Emisión}}{E[Emisión]} = \frac{\sigma_f NA \pm \sigma_N FE \pm t_{\alpha} \sigma_f \sigma_N \sigma_N}{E[Emisión]}$$



Si se estima el factor de emisión por FE , el nivel de actividad por NA y el nivel de las emisiones por $FE \cdot NA$, las estimaciones de los coeficientes de variación del factor de emisión y del nivel de actividad vendrán dados por:

$$C.V. \text{ factor} = \frac{\sigma_f}{FE} \quad C.V. \text{ N. Activ.} = \frac{\sigma_N}{NA}$$

Mientras que el coeficiente de variación de las emisiones, usando su mayor valor será:

$$C.V. \text{ Emisión} = \frac{\sigma_f NA + \sigma_N FE + t_\alpha \sigma_f \sigma_N}{FE \cdot NA} =$$

Ecuación A:

$$C.V. \text{ Emisión} = C.V. \text{ NA} + C.V. \text{ Factor} \pm t_\alpha \times C.V. \text{ NA} \times C.V. \text{ Factor}$$

Dónde:

C.V. Emisión = Coeficiente de Variación de la Emisión

C.V. = Coeficiente de Variación del Nivel de Actividad

C.V. factor = Coeficiente de Variación del Factor de Emisión

t_α = Valor de la distribución normal para el error total/2 del intervalo de confianza

Esta última expresión será usada para estimar cualitativamente la incertidumbre en las emisiones con un intervalo de confianza del 95% ($t_\alpha = 1,96$), para ello, se usaron las clasificaciones definidas anteriormente, se les asignó un coeficiente de variabilidad, menor para la clasificación A y aumentando para las siguientes clasificaciones. Este método persigue obtener una clasificación de las emisiones, a partir de las clasificaciones cualitativas del factor de emisión y del nivel de actividad, pero que, por la naturaleza de la falta de datos, no es un método robusto, pero da buenas aproximaciones para las



estimaciones de incertidumbre. Los valores obtenidos para las diferentes clasificaciones son:

Tabla 40. Calidad de factores y coeficiente de variación

Calidad	Coefficiente Variación
A	Menor a 0,25
B	0,25 y 0,5
C	0,5 y 0,9
D	0,9 y 1,5
E	Mayor a 1,5

Fuente: Elaboración propia

Usando estos valores para el coeficiente de variación, y usando la ecuación (A), se obtuvo el siguiente cuadro. Este cuadro entrega una estimación del coeficiente de variación del producto de dos variables, que es la forma como se calculan las emisiones. Se puede apreciar que, si hay un cálculo con un factor de emisión con clasificación A y nivel de actividad A, el coeficiente de variación es el más bajo, un 28%, mientras que, si ambos valores tienen una clasificación E, el coeficiente de variación es el más alto 1200%.

Tabla 41. Coeficiente de variación producto de dos variables

	A	B	C	D	E
A	28%	59%	100%	163%	263%
B	59%	103%	160%	248%	388%
C	100%	160%	238%	358%	550%
D	163%	248%	358%	528%	800%
E	263%	388%	550%	800%	1200%

Fuente: Elaboración propia

A modo de ejemplo se muestra cómo se obtiene el valor de A/A aplicando la ecuación (A), antes descrita:

$$\text{C.V. Emisión} = \text{C.V. NA} + \text{C.V. Factor} - t \alpha \times \text{C.V. NA} \times \text{C.V. Factor}$$



$$CV \text{ Emisión} = 0,125 + 0,125 + 1,96 \times 0,125 \times 0,125$$

CV Emisión= 0,28, lo que equivale a un 28%.

Dónde el intervalo de confianza es de un 95% con un $t\alpha = 1,96$.

Para obtener una clasificación cualitativa para el cálculo del factor de emisión, se ordenaron los valores obtenidos en la tabla anterior de menor a mayor y luego se procedió a clasificarlos de acuerdo con las similitudes de los grupos, en donde se obtuvieron 5 niveles clasificados desde la A hasta la E.

Tabla 42. Niveles de clasificación

Nivel	Porcentaje (%)
A	28%
	59%
B	100%
	103%
	160%
	163%
C	238%
	248%
	263%
D	358%
	388%
E	528%
	550%
	800%
	1200%

Fuente: Elaboración propia



Estos niveles dan lugar a la clasificación para evaluar la incertidumbre en el cálculo de las emisiones, lo que se entrega en la siguiente tabla:

Tabla 43. Clasificación para evaluación de niveles de incertidumbre

	Clasificación Factor de Emisión				
	A	B	C	D	E
A	A	A	B	B	C
B	A	B	B	C	D
C	B	B	C	D	E
D	B	C	D	E	E
E	C	D	E	E	E

Fuente: Elaboración propia

La metodología planteada es la misma que fue utilizada por este equipo consultor en el estudio de referencia desarrollado por AMBIOSIS en el año 2009 "Inventario de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos y Definición de Área de Influencia de las Emisiones que Causan el Efecto de Saturación por PM10 en la Ciudad de TALCA".

b) Estimación de emisiones con varios tipos de actividad.

Cuando un contaminante es producido por más de un tipo de actividad, por ejemplo, las emisiones de NO_x, en calderas industriales son emitidas por calderas con uso de Gas, biomasa, Petróleo, etc., en estos casos las emisiones son estimadas por:

$$Emisión = \sum_c F_c N_c$$

Donde:

La suma corre por todos los combustibles que son usados. La estimación de los intervalos en estos casos viene dada por:



$$[I. Emisión] = \sum_c [(F_c + t_\alpha \sigma_{fc}) (N_c + t_\alpha \sigma_{nc})]$$

$$[I. Emisión] = \sum_c F_c N_c + t_\alpha \sum_c (\sigma_{fc} N_c + \sigma_{nc} F_c) + t_\alpha^2 \sum_c \sigma_{fc} \sigma_{nc}$$

$$C. Var = \frac{\sum (\sigma_{fc} N_c + \sigma_{nc} F_c) + t_\alpha \sum \sigma_{fc} \sigma_{nc}}{\sum F_c N_c}$$

$$C. Var = \sum \left(\sigma_{fc} \frac{N_c}{\sum F_c N_c} + \sigma_{nc} \frac{F_c}{\sum F_c N_c} \right) + t_\alpha \sum \sigma_{fc} \sigma_{nc} \frac{1}{\sum F_c N_c}$$

$$C. Var = \sum \left(C. Var_{fc} \frac{F_c N_c}{\sum F_c N_c} + C. Var_{nc} \frac{F_c N_c}{\sum F_c N_c} \right) + t_\alpha \sum C. Var_{fc} C. Var_{nc} \frac{F_c N_c}{\sum F_c N_c}$$

Esta última expresión generaliza la ecuación (A), para la estimación del coeficiente de varianza de las emisiones. Aparece el factor:

$$\frac{F_c N_c}{\sum F_c N_c}$$

Dónde:

La ecuación anterior representa la proporción de la emisión proveniente del combustible C, sobre el total de emisiones.

La siguiente tabla muestra un ejemplo de aplicación de la ecuación anterior con resultados obtenidos del estudio desarrollado por AMBIOSIS en el año 2009 "Inventario de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos y Definición de Área de Influencia de las Emisiones que Causan el Efecto de Saturación por PM10 en la Ciudad de TALCA". En ellas, se entregan los distintos combustibles usados en calderas industriales, y los factores de emisión de NOx para cada combustible, con su respectiva clasificación de calidad, lo mismo ocurre con el nivel de actividad para cada combustible. Las filas siguientes muestran las emisiones de NOx, en calderas industriales por cada combustible considerado. También, se entrega el porcentaje de contribución al total de las emisiones. La última fila entrega una estimación del coeficiente de variación de las emisiones, de acuerdo a tablas anteriores.

Tabla 44. Ejemplo de clasificación de calidad

	CARBÓN	PETRÓLEO Nº2	PETROLEO Nº6	PETROLEO Nº5	BIOMASA	GAS	Total general
FACTORES DE EMISION							
Factor de Emisión Kg Emisión/t Consumo	3,8	2,8	6,8	6,9	0,8	4,4	
Clasificación del Factor Emisión AP-42	B	B	B	B	A	B	
NIVELES DE ACTIVIDAD							
Nivel de Actividad t/Año	2.680,00	6.000,00	6.411,80	1.695,00	50.825,10	1.741,30	
Categoría	B	B	B	B	B	B	
Total Emisiones de NOx en Calderas Industriales en t/Año	10,05	16,98	43,34	11,71	38,12	7,7	127,9
% Sobre El Total	0,08	0,13	0,34	0,09	0,30	0,06	1
Est. Coef.Var.	103	103	103	103	59	103	103

Fuente: Inventario de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos y Definición de Área de Influencia de las Emisiones que Causan el Efecto de Saturación por PM10 en la Ciudad de TALCA, AMBIOSIS, 2009.

Aplicación de la ecuación:

$$C.Var = \sum \left(C.Var_{fc} \frac{F_c N_c}{\sum F_c N_c} + C.Var_{nc} \frac{F_c N_c}{\sum F_c N_c} \right) + t_\alpha \sum C.Var_{fc} C.Var_{nc} \frac{F_c N_c}{\sum F_c N_c}$$

Dónde:

C. Var= Coeficiente de Variación

$\frac{F_c N_c}{\sum F_c N_c}$ = Proporción de la emisión proveniente del combustible C, sobre el total de emisiones.

t_α = Valor de la distribución normal para el error total/2 del intervalo de confianza



Considerando los valores de la tabla anterior, entrega un total de 89,9%, que corresponde a una clasificación B. De esta forma, la estimación de 127,9 t/año de NOx, que emiten las calderas industriales, tiene una clasificación de calidad de tipo B.



6.2.2 Aplicación del control de calidad al inventario de emisiones

En base a la metodología de control de calidad presentada en el punto anterior, se aplicó el control de calidad al inventario de emisiones año base 2017.

Los niveles de incertidumbre fueron asignados a los diferentes factores de emisión que fueron utilizados en el cálculo de emisiones del inventario, clasificaciones similares fueron aplicadas a los niveles de actividad, con esto se obtuvieron clasificaciones cualitativas tanto de los factores de emisión, como de los niveles de actividad y por ende de las emisiones.

Como resultado de la aplicación del control de calidad se obtuvo una medición cualitativa del nivel de incertidumbre de las emisiones de los diferentes contaminantes; a continuación, se presentan los resultados del análisis:

Tabla 45: Evaluación de calidad de los Niveles de Actividad

GRUPO	SUB-GRUPO	CATEGORIA	SUB-CATEGORIA	Calidad Nivel de Actividad
FUENTES FIJAS	Combustión	Combustión interna	Grupos electrógenos	B
FUENTES FIJAS	Combustión	Combustión externa puntual	Calderas (Industriales y de Calefacción)	B
FUENTES FIJAS	Procesos	Procesos sin combustión	Procesos sin combustión	B
FUENTES FIJAS	Procesos	Procesos con combustión	Procesos con combustión	B
FUENTES AREALES	Residencial	Combustión externa residencial	Gas Licuado	B
FUENTES AREALES	Residencial	Combustión externa residencial	Kerosene	B
FUENTES AREALES	Residencial	Combustión externa residencial	Leña	A
FUENTES AREALES	Residencial	Evaporativas residencial	Solventes de uso doméstico	C



GRUPO	SUB-GRUPO	CATEGORIA	SUB-CATEGORIA	Calidad Nivel de Actividad
FUENTES AREALES	Residencial	Evaporativas residencial	Pintado arquitectónico	C
FUENTES AREALES	Residencial	Evaporativas residencial	Uso de Adhesivos	C
FUENTES AREALES	Residencial	Evaporativas residencial	Residencial de NH3	C
FUENTES AREALES	Residencial	Evaporativas residencial	Fugas residenciales de GLP	B
FUENTES AREALES	Comercial	Evaporativas comercial	Distribución de combustible	B
FUENTES AREALES	Comercial	Evaporativas comercial	Lavasecos	B
FUENTES AREALES	Comercial	Evaporativas comercial	Talleres de pintura	B
FUENTES AREALES	Comercial	Evaporativas comercial	Imprentas	B
FUENTES AREALES	Comercial	Evaporativas comercial	Fugas comerciales de GLP	B
FUENTES AREALES	Comercial	Rest. y comida rápida	Panaderías	B
FUENTES AREALES	Otras	Disposición de residuos	Plantas de tratamiento de aguas servidas	B
FUENTES AREALES	Otras	Quemas	Quemas agrícolas	B
FUENTES AREALES	Otras	Quemas	Incendios forestales	B
FUENTES AREALES	Otras	Quemas	Incendios urbanos	B
FUENTES AREALES	Otras	Quemas	Cigarrillos	C
FUENTES AREALES	Otras	Emisiones biogénicas	Todas las especies vegetales	D
FUENTES AREALES	Otras	Actividades agrícolas	Fertilizantes y plaguicidas	C
FUENTES AREALES	Otras	Crianza de Animales	Bovinos	C
FUENTES AREALES	Otras	Crianza de Animales	Cerdos	C
FUENTES AREALES	Otras	Crianza de Animales	Ovinos	C
FUENTES AREALES	Otras	Crianza de Animales	Aves	C
FUENTES AREALES	Otras	Crianza de Animales	Caprinos y Camélidos	C
POLVO FUGITIVO	Construcción y Demolición	Construcción de edificios	Construcción de edificios y viviendas	B
POLVO FUGITIVO	Construcción y Demolición	Construcción de caminos	Construcción de caminos	B
POLVO FUGITIVO	Construcción y Demolición	Producción de áridos	Producción de áridos	B
POLVO FUGITIVO	Polvo Resuspendido de calles	Calles en red urbana	Calles pavimentadas	C



GRUPO	SUB-GRUPO	CATEGORIA	SUB-CATEGORIA	Calidad Nivel de Actividad
POLVO FUGITIVO	Polvo Resuspendido de calles	Calles en red interurbana	Calles pavimentadas	C
POLVO FUGITIVO	Polvo Resuspendido de calles	Calles en red interurbana	Calles no pavimentadas	C
POLVO FUGITIVO	Preparación de terrenos agrícolas	Cereales y chacras	Cereales y chacras	C
POLVO FUGITIVO	Preparación de terrenos agrícolas	Cultivos Industriales	Cultivos Industriales	C
POLVO FUGITIVO	Preparación de terrenos agrícolas	Frutales	Frutales	C
POLVO FUGITIVO	Preparación de terrenos agrícolas	Hortalizas	Hortalizas	C
FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles fuera de ruta	Maquinaria vehicular	Maquinaria agrícola	D
FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles en ruta	Combustión fuentes móviles en ruta	Vehículos particulares	C
FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles en ruta	Combustión fuentes móviles en ruta	Vehículos de alquiler	C
FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles en ruta	Combustión fuentes móviles en ruta	Vehículos comerciales de uso particular	C
FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles en ruta	Combustión fuentes móviles en ruta	Motocicletas	C
FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles en ruta	Combustión fuentes móviles en ruta	Taxis colectivos	C
FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles en ruta	Combustión fuentes móviles en ruta	Camiones livianos	C
FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles en ruta	Combustión fuentes móviles en ruta	Camiones medianos	C
FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles en ruta	Combustión fuentes móviles en ruta	Camiones pesados	C
FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles en ruta	Combustión fuentes móviles en ruta	Buses licitados urbanos	C
FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles en ruta	Combustión fuentes móviles en ruta	Buses rurales e interurbanos	C
FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles en ruta	Combustión fuentes móviles en ruta	Buses particulares e institucionales	C
FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles en ruta	Combustión fuentes móviles en ruta	Vehículos comerciales de uso de empresas	C
FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles en ruta	Combustión fuentes móviles en ruta	Vehículos medianos	C
POLVO FUGITIVO	Polvo Resuspendido de calles	Calles en red urbana	Calles no pavimentadas	C
FUENTES AREALES	Otras	Quemas	Fabricación de Ladrillos	B

Tabla 46: Evaluación de calidad de los Factores de emisión

GRUPO	SUB-GRUPO	CATEGORIA	SUB-CATEGORIA	MP10	MP2,5	CO	COV	SO2	NOx	NH3	CO2
FUENTES AREALES	Residencial	Combustión externa residencial	Gas Licuado	B	B	B	B	B	B		
FUENTES AREALES	Residencial	Combustión externa residencial	Kerosene	B	B	B	B	B	B		
FUENTES AREALES	Residencial	Combustión externa residencial	Leña	B	B	B	B	B	B	B	B
FUENTES AREALES	Residencial	Evaporativas residencial	Solventes de uso doméstico				C				
FUENTES AREALES	Residencial	Evaporativas residencial	Pintado arquitectónico				C				
FUENTES AREALES	Residencial	Evaporativas residencial	Uso de Adhesivos				C				
FUENTES AREALES	Residencial	Evaporativas residencial	Residencial de NH3				C			C	
FUENTES AREALES	Residencial	Evaporativas residencial	Fugas residenciales de GLP				B				
FUENTES AREALES	Comercial	Evaporativas comercial	Distribución de combustible				B				
FUENTES AREALES	Comercial	Evaporativas comercial	Lavasecos				C				
FUENTES AREALES	Comercial	Evaporativas comercial	Talleres de pintura				C				
FUENTES AREALES	Comercial	Evaporativas comercial	Imprentas				C				
FUENTES AREALES	Comercial	Evaporativas comercial	Fugas comerciales de GLP				B				
FUENTES AREALES	Otras	Disposición de residuos	Plantas de tratamiento de aguas servidas							B	
FUENTES AREALES	Otras	Quemas	Quemas agrícolas	B	B	B	B	B	B	B	B
FUENTES AREALES	Otras	Quemas	Incendios forestales	B	B	B		B	B	B	B
FUENTES AREALES	Otras	Quemas	Incendios urbanos			C			C		
FUENTES AREALES	Otras	Quemas	Cigarrillos							C	
FUENTES AREALES	Otras	Emisiones biogénicas	Todas las especias vegetales				D				
FUENTES AREALES	Otras	Actividades agrícolas	Fertilizantes y plaguicidas							C	
FUENTES AREALES	Otras	Crianza de Animales	Bovinos							C	
FUENTES AREALES	Otras	Crianza de Animales	Cerdos							C	
FUENTES AREALES	Otras	Crianza de Animales	Ovinos							C	
FUENTES AREALES	Otras	Crianza de Animales	Aves							C	
FUENTES AREALES	Otras	Crianza de Animales	Caprinos y Camélidos							C	



GRUPO	SUB-GRUPO	CATEGORIA	SUB-CATEGORIA	MP10	MP2,5	CO	COV	SO2	NOx	NH3	CO2
POLVO FUGITIVO	Construcción y Demolición	Construcción de edificios	Construcción de edificios y viviendas	C	C						
POLVO FUGITIVO	Construcción y Demolición	Construcción de caminos	Construcción de caminos	C	C						
POLVO FUGITIVO	Construcción y Demolición	Producción de áridos	Producción de áridos	C	C						
POLVO FUGITIVO	Polvo Resuspendido de calles	Calles en red urbana	Calles pavimentadas	C	C						
POLVO FUGITIVO	Polvo Resuspendido de calles	Calles en red interurbana	Calles pavimentadas	C	C						
POLVO FUGITIVO	Polvo Resuspendido de calles	Calles en red interurbana	Calles no pavimentadas	C	C						
POLVO FUGITIVO	Preparación de terrenos agrícolas	Cereales y chacras	Cereales y chacras	C	C						
POLVO FUGITIVO	Preparación de terrenos agrícolas	Cultivos Industriales	Cultivos Industriales	C	C						
POLVO FUGITIVO	Preparación de terrenos agrícolas	Frutales	Frutales	C	C						
POLVO FUGITIVO	Preparación de terrenos agrícolas	Hortalizas	Hortalizas	C	C						
FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles fuera de ruta	Maquinaria vehicular	Maquinaria agrícola	B	B	B	B	B	B		B
FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles en ruta	Combustión fuentes móviles en ruta	Vehículos particulares	A	A	A	A	D	A	C	D
FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles en ruta	Combustión fuentes móviles en ruta	Vehículos de alquiler	A	A	A	A	D	A	C	D
FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles en ruta	Combustión fuentes móviles en ruta	Vehículos comerciales de uso particular	A	A	A	A	D	A	C	D
FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles en ruta	Combustión fuentes móviles en ruta	Motocicletas	B	B	B	B	D	B	C	D
FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles en ruta	Combustión fuentes móviles en ruta	Taxis colectivos	A	A	A	A	D	A	C	D
FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles en ruta	Combustión fuentes móviles en ruta	Camiones livianos	A	A	A	A	D	A	C	D
FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles en ruta	Combustión fuentes móviles en ruta	Camiones medianos	B	B	B	B	D	B	C	D
FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles en ruta	Combustión fuentes móviles en ruta	Camiones pesados	B	B	B	B	D	B	C	D
FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles en ruta	Combustión fuentes móviles en ruta	Buses licitados urbanos	B	B	B	B	D	B	C	D
FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles en ruta	Combustión fuentes móviles en ruta	Buses rurales e interurbanos	B	B	B	B	D	B	C	D



GRUPO	SUB-GRUPO	CATEGORIA	SUB-CATEGORIA	MP10	MP2,5	CO	COV	SO2	NOx	NH3	CO2
FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles en ruta	Combustión fuentes móviles en ruta	Buses particulares e institucionales	B	B	B	B	D	B	C	D
FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles en ruta	Combustión fuentes móviles en ruta	Vehículos comerciales de uso de empresas	A	A	A	A	D	A	C	D
FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles en ruta	Combustión fuentes móviles en ruta	Vehículos medianos	A	A	A	A	D	A	C	D
POLVO FUGITIVO	Polvo Resuspendido de calles	Calles en red urbana	Calles no pavimentadas	C	C						
FUENTES AREALES	Otras	Quemas	Fabricación de Ladrillos	B	B	B	D		C		

Tabla 47: Evaluación de calidad de las emisiones del inventario

GRUPO	SUB-GRUPO	CATEGORIA	SUB-CATEGORIA	MP10	MP2,5	CO	COV	SO2	NOx	NH3	CO2
FUENTES AREALES	Residencial	Combustión externa residencial	Gas Licuado	B	B	B	B	B	B		
FUENTES AREALES	Residencial	Combustión externa residencial	Kerosene	B	B	B	B	B	B		
FUENTES AREALES	Residencial	Combustión externa residencial	Leña	A	A	A	A	A	A	A	A
FUENTES AREALES	Residencial	Evaporativas residencial	Solventes de uso doméstico				C				
FUENTES AREALES	Residencial	Evaporativas residencial	Pintado arquitectónico				C				
FUENTES AREALES	Residencial	Evaporativas residencial	Uso de Adhesivos				C				
FUENTES AREALES	Residencial	Evaporativas residencial	Residencial de NH3				C			C	
FUENTES AREALES	Residencial	Evaporativas residencial	Fugas residenciales de GLP				B				
FUENTES AREALES	Comercial	Evaporativas comercial	Distribución de combustible				B				
FUENTES AREALES	Comercial	Evaporativas comercial	Lavasecos				B				
FUENTES AREALES	Comercial	Evaporativas comercial	Talleres de pintura				B				
FUENTES AREALES	Comercial	Evaporativas comercial	Imprentas				B				
FUENTES AREALES	Comercial	Evaporativas comercial	Fugas comerciales de GLP				B				
FUENTES AREALES	Otras	Disposición de residuos	Plantas de tratamiento de aguas servidas							B	
FUENTES AREALES	Otras	Quemas	Quemas agrícolas	B	B	B	B	B	B	B	B
FUENTES AREALES	Otras	Quemas	Incendios forestales	B	B	B		B	B	B	B



GRUPO	SUB-GRUPO	CATEGORIA	SUB-CATEGORIA	MP10	MP2,5	CO	COV	SO2	NOx	NH3	CO2
FUENTES AREALES	Otras	Quemas	Incendios urbanos			B			B		
FUENTES AREALES	Otras	Quemas	Cigarrillos							C	
FUENTES AREALES	Otras	Emisiones biogénicas	Todas las especies vegetales				E				
FUENTES AREALES	Otras	Actividades agrícolas	Fertilizantes y plaguicidas							C	
FUENTES AREALES	Otras	Crianza de Animales	Bovinos							C	
FUENTES AREALES	Otras	Crianza de Animales	Cerdos							C	
FUENTES AREALES	Otras	Crianza de Animales	Ovinos							C	
FUENTES AREALES	Otras	Crianza de Animales	Aves							C	
FUENTES AREALES	Otras	Crianza de Animales	Caprinos y Camélidos							C	
POLVO FUGITIVO	Construcción y Demolición	Construcción de edificios	Construcción de edificios y viviendas	B	B						
POLVO FUGITIVO	Construcción y Demolición	Construcción de caminos	Construcción de caminos	B	B						
POLVO FUGITIVO	Construcción y Demolición	Producción de áridos	Producción de áridos	B	B						
POLVO FUGITIVO	Polvo Resuspendido de calles	Calles en red urbana	Calles pavimentadas	C	C						
POLVO FUGITIVO	Polvo Resuspendido de calles	Calles en red interurbana	Calles pavimentadas	C	C						
POLVO FUGITIVO	Polvo Resuspendido de calles	Calles en red interurbana	Calles no pavimentadas	C	C						
POLVO FUGITIVO	Preparación de terrenos agrícolas	Cereales y chacras	Cereales y chacras	C	C						
POLVO FUGITIVO	Preparación de terrenos agrícolas	Cultivos Industriales	Cultivos Industriales	C	C						
POLVO FUGITIVO	Preparación de terrenos agrícolas	Frutales	Frutales	C	C						
POLVO FUGITIVO	Preparación de terrenos agrícolas	Hortalizas	Hortalizas	C	C						
FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles fuera de ruta	Maquinaria vehicular	Maquinaria agrícola	C	C	C	C	C	C		C
FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles en ruta	Combustión fuentes móviles en ruta	Vehículos particulares	B	B	B	B	D	B	C	D
FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles en ruta	Combustión fuentes móviles en ruta	Vehículos de alquiler	B	B	B	B	D	B	C	D
FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles en ruta	Combustión fuentes móviles en ruta	Vehículos comerciales de uso particular	B	B	B	B	D	B	C	D



GRUPO	SUB-GRUPO	CATEGORIA	SUB-CATEGORIA	MP10	MP2,5	CO	COV	SO2	NOx	NH3	CO2
FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles en ruta	Combustión fuentes móviles en ruta	Motocicletas	B	B	B	B	D	B	C	D
FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles en ruta	Combustión fuentes móviles en ruta	Taxis colectivos	B	B	B	B	D	B	C	D
FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles en ruta	Combustión fuentes móviles en ruta	Camiones livianos	B	B	B	B	D	B	C	D
FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles en ruta	Combustión fuentes móviles en ruta	Camiones medianos	B	B	B	B	D	B	C	D
FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles en ruta	Combustión fuentes móviles en ruta	Camiones pesados	B	B	B	B	D	B	C	D
FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles en ruta	Combustión fuentes móviles en ruta	Buses licitados urbanos	B	B	B	B	D	B	C	D
FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles en ruta	Combustión fuentes móviles en ruta	Buses rurales e interurbanos	B	B	B	B	D	B	C	D
FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles en ruta	Combustión fuentes móviles en ruta	Buses particulares e institucionales	B	B	B	B	D	B	C	D
FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles en ruta	Combustión fuentes móviles en ruta	Vehículos comerciales de uso de empresas	B	B	B	B	D	B	C	D
FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles en ruta	Combustión fuentes móviles en ruta	Vehículos medianos	B	B	B	B	D	B	C	D
POLVO FUGITIVO	Polvo Resuspendido de calles	Calles en red urbana	Calles no pavimentadas	C	C						
FUENTES AREALES	Otras	Quemas	Fabricación de Ladrillos	B	B	B	C		B		

Para el caso de fuentes puntuales en análisis de incertidumbre se realizó a nivel de fuentes individuales, cuyo detalle se presenta en el anexo digital denominado “Calidad_Inventario_Emissiones.rar”. Sin embargo, a continuación, se presenta un resumen de la calidad de las emisiones por tipo de fuente puntual y contaminante:



Tabla 48: Distribución porcentual de las emisiones de fuentes puntuales según calidad

Calidad	PM ₁₀	PM _{2.5}	CO	COV	SO _x	NO _x	NH ₃	CO ₂
A	20,85%	4,61%	96,21%	18,02%	95,79%	18,12%	0,00%	5,81%
B	22,39%	25,18%	1,28%	0,62%	0,33%	19,04%	0,00%	0,00%
C	52,90%	66,20%	2,44%	44,34%	3,88%	62,79%	0,00%	94,19%
D	3,86%	4,00%	0,07%	37,01%	0,00%	0,06%	100,00%	0,00%
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

A continuación, también se presenta el detalle de la calidad de las emisiones desagregada por tipo de fuente para cada contaminante:

Tabla 49: Distribución porcentual de las emisiones de fuentes puntuales por tipo de fuente según calidad

Tipo Fuente	Calidad	PM10	PM2.5	CO	COV	SO _x	NO _x	NH3	CO2
Calderas (Industriales y de Calefacción)	A	19,49%	8,09%	99,63%	58,81%	100,00%	40,05%		76,48%
Calderas (Industriales y de Calefacción)	B	18,47%	21,94%	0,32%	0,60%		59,29%		
Calderas (Industriales y de Calefacción)	C	61,99%	69,38%		40,59%		0,38%		23,52%
Calderas (Industriales y de Calefacción)	D	0,04%	0,59%	0,06%		1,84084E-07	0,28%	100,00%	
Total Calderas (Industriales y de Calefacción)		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Grupos electrógenos	A			0,00%	0,00%	14,46%	5,26%		
Grupos electrógenos	B			73,98%	1,00%	29,73%	77,64%		
Grupos electrógenos	C	32,06%	33,38%	26,02%	12,32%	55,81%	17,10%		100,00%
Grupos electrógenos	D	67,94%	66,62%		86,68%			100,00%	0
Total Grupos electrógenos		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Panadería	A	38,01%	38,01%	84,51%	16,57%	99,99%			
Panadería	B			0,56%	83,43%		0,18%		
Panadería	C	0,66%	0,66%				96,53%		100,00%
Panadería	D	61,33%	61,33%	14,92%		0,01%	3,29%	100,00%	
Total Panadería		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Procesos con combustión	A	35,30%	0,00%	97,57%	0,14%	84,93%	17,27%		4,75%
Procesos con combustión	B	2,72%	2,90%	0,00%	0,02%		0,00%		



Tipo Fuente	Calidad	PM10	PM2.5	CO	COV	SOx	NOx	NH3	CO2
Procesos con combustión	C	61,47%	96,44%	2,37%	99,85%	15,05%	82,72%		95,25%
Procesos con combustión	D	0,51%	0,66%	0,07%		0,02%	1,43454E-05	100,00%	
Total Procesos con combustión		100,00%							
Procesos sin combustión	A	2,65%				100,00%	100,00%		
Procesos sin combustión	B	95,27%	94,33%						
Procesos sin combustión	C	2,05%	5,63%						
Procesos sin combustión	D	0,03%	0,03%						
Total Procesos sin combustión		100,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	100,00%	0,00%	0,00%



6.2.3 Análisis de Sensibilidad

Para el análisis de sensibilidad se trabajó con los valores máximos y mínimos de las emisiones calculados a partir de un intervalo de confianza. Este intervalo de confianza está dado por la siguiente expresión:

$$[I.\text{Emisión}] = (\text{Emisión} \pm t\alpha \text{ C.V. Emisión} \times \text{Emisión}) \text{ Ecuación 1}$$

Tomando en consideración que alternativamente el intervalo de confianza de la Emisión está dado por la siguiente expresión:

$$[I.\text{Emisión}] = (\text{FE} \pm t\alpha \text{ C.V. Factor} \times \text{FE}) \times (\text{NA} \pm t\alpha \text{ C.V. NA} \times \text{NA})$$

Dónde:

[I. Emisión]= Intervalo de Emisión

Emisión = Emisión del contaminante

C.V. Emisión = Coeficiente de Variación de la Emisión

C.V. NA = Coeficiente de Variación del Nivel de Actividad

C.V. factor = Coeficiente de Variación del Factor de Emisión

NA = Nivel de Actividad

FE = Factor de Emisión

$t\alpha$ = valor de la distribución normal para el error total/2 del intervalo de confianza

De esta forma es posible obtener las siguientes ecuaciones para calcular el C.V de las emisiones:



- i. $C.V. \text{ Emisión} = C.V. \text{ NA} + C.V. \text{ Factor} + t_{\alpha} \times C.V. \text{ NA} \times C.V. \text{ Factor}$
- ii. $C.V. \text{ Emisión} = C.V. \text{ NA} + C.V. \text{ Factor} - t_{\alpha} \times C.V. \text{ NA} \times C.V. \text{ Factor}$
- iii. $C.V. \text{ Emisión} = C.V. \text{ NA} - C.V. \text{ Factor} + t_{\alpha} \times C.V. \text{ NA} \times C.V. \text{ Factor}$
- iv. $C.V. \text{ Emisión} = -C.V. \text{ NA} + C.V. \text{ Factor} + t_{\alpha} \times C.V. \text{ NA} \times C.V. \text{ Factor}$

Dónde:

C.V. Emisión = Coeficiente de Variación de la Emisión

C.V. = Coeficiente de Variación del Nivel de Actividad

C.V. factor = Coeficiente de Variación del Factor de Emisión

t_{α} = Valor de la distribución normal para el error total/2 del intervalo de confianza

Para el análisis de sensibilidad se trabajó con un intervalo de confianza del 80% que asumiendo una distribución normal da un valor de $t_{\alpha} = 1,29$. Este nivel de confianza es considerado como aceptable por el consultor para realizar el análisis de sensibilidad.

Para la obtención de los C.V. del Nivel de Actividad y C.V. del factor de emisión se usaron los mismos valores de la metodología de evaluación de la calidad del inventario, tal como se puede apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 50: Calidad de factores y coeficiente de variación

Calidad	Coeficiente Variación
A	Menor a 0,25
B	0,25 y 0,5
C	0,5 y 0,9
D	0,9 y 1,5
E	Mayor a 1,5

Fuente: Elaboración propia



Utilizando estos valores en las ecuaciones de cálculo de C.V Emisión, fue posible obtener los valores máximos y mínimos para todas las combinaciones posibles de calidad del factor de emisión y calidad del nivel de actividad, tal como se puede apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 51: Coeficientes de Variación Máximos y Mínimos

Calidad NA/FE	C.V. Max.	C.V. Mín.	Calidad Emisión
A/A	27%	23%	A
A/B	56%	44%	A
A/C	94%	71%	B
A/D	152%	127%	B
A/E	245%	220%	C
B/A	56%	44%	A
B/B	93%	57%	B
B/C	141%	74%	B
B/D	216%	141%	C
B/E	334%	259%	D
C/A	94%	71%	B
C/B	141%	74%	B
C/C	203%	77%	C
C/D	298%	158%	D
C/E	451%	311%	E
D/A	152%	127%	B
D/B	216%	141%	C
D/C	298%	158%	D
D/D	426%	186%	E
D/E	630%	390%	E
E/A	245%	220%	C
E/B	334%	259%	D
E/C	451%	311%	E
E/D	630%	390%	E
E/E	916%	516%	E

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, con los valores de la tabla precedente y el valor de t_{α} , se calcula la emisión máxima y la emisión mínima con un intervalo de confianza del 80% utilizando la Ecuación (1).



A continuación, se presentan los resultados del análisis de sensibilidad efectuado al inventario de emisiones:

Emisiones Mínimas

A continuación, se presentan los resultados de la aplicación de sensibilidad mínima al inventario de emisiones realizado en la Región del Maule, Año 2017, agrupados para las principales categorías.

Tabla 52: Emisiones Totales Mínimas para la Región del Maule, año 2017 en t/año

GRUPO	MP10	MP2,5	CO	COV	SO2	NOx	NH3	CO2
FUENTES AREALES	4.703,70	4.377,64	78.846,20	47.751,74	39,48	802,39	360,84	383.230,65
FUENTES FIJAS	163,14	63,28	16.496,90	46,91	1.683,84	1.823,18	0,00	262.824,10
FUENTES MÓVILES	55,58	55,17	3.738,58	478,47	0,00	938,19	1,48	0,00
POLVO FUGITIVO	22,99	3,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	4.945,41	4.499,66	99.081,68	48.277,12	1.723,32	3.563,75	362,32	646.054,75

Emisiones Máximas

A continuación, se presentan los resultados de la aplicación de sensibilidad máximo al inventario de emisiones realizado en la Región del Maule, Año 2017, agrupados para las principales categorías.

Tabla 53: Emisiones Totales Máximas para la Región del Maule, año 2017 en t/año

GRUPO	MP10	MP2,5	CO	COV	SO2	NOx	NH3	CO2
FUENTES AREALES	19.113,91	17.782,65	317.326,24	413.819,03	238,33	3.903,09	12.725,02	1.609.954,19
FUENTES FIJAS	4.152,29	3.640,77	70.731,43	2.377,38	7.311,55	50.081,28	4.404,53	38.217.433,52
FUENTES MÓVILES	1.723,74	1.711,07	104.127,66	13.586,90	159,89	33.629,24	569,36	11.769.836,24
POLVO FUGITIVO	7.928,04	1.374,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	32.917,98	24.509,40	492.185,33	429.783,30	7.709,77	87.613,61	17.698,91	51.597.223,94

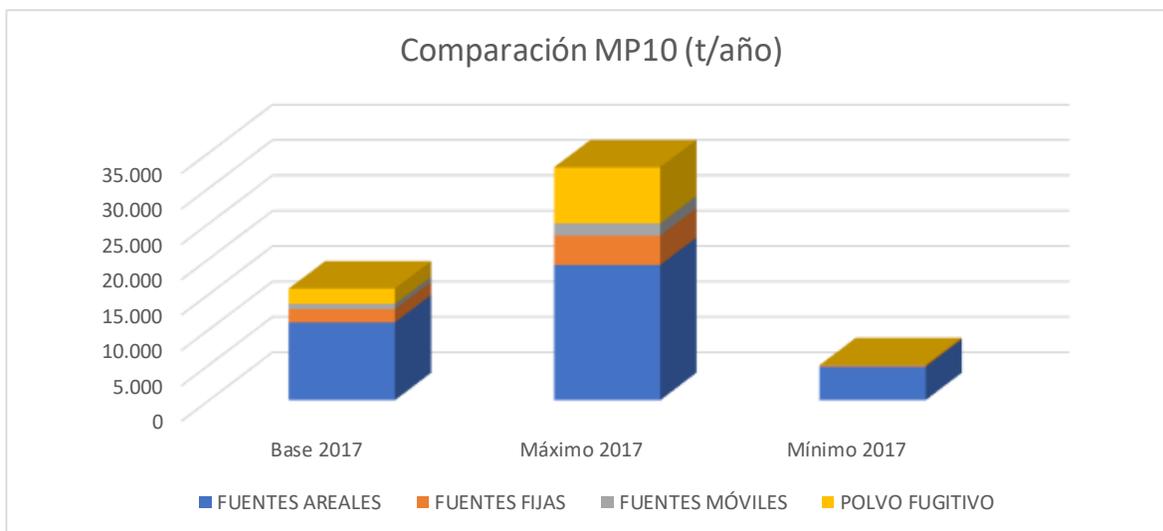


Comparación Emisiones base Año 2017 vs Emisiones sensibilizadas mínimas y máximas

A continuación, se presenta una comparación de las emisiones del escenario base respecto a los escenarios sensibilizados mínimos y máximos.

Se destaca que los gráficos reflejan principalmente el efecto del nivel de calidad de las emisiones más importantes para el contaminante. Tomando esto en consideración se obtienen las siguientes gráficos y conclusiones:

Figura 20: Comparación de Emisiones de MP10, Escenario año 2017 vs Escenarios Sensibilizados (mínimo y máximo) en t/año

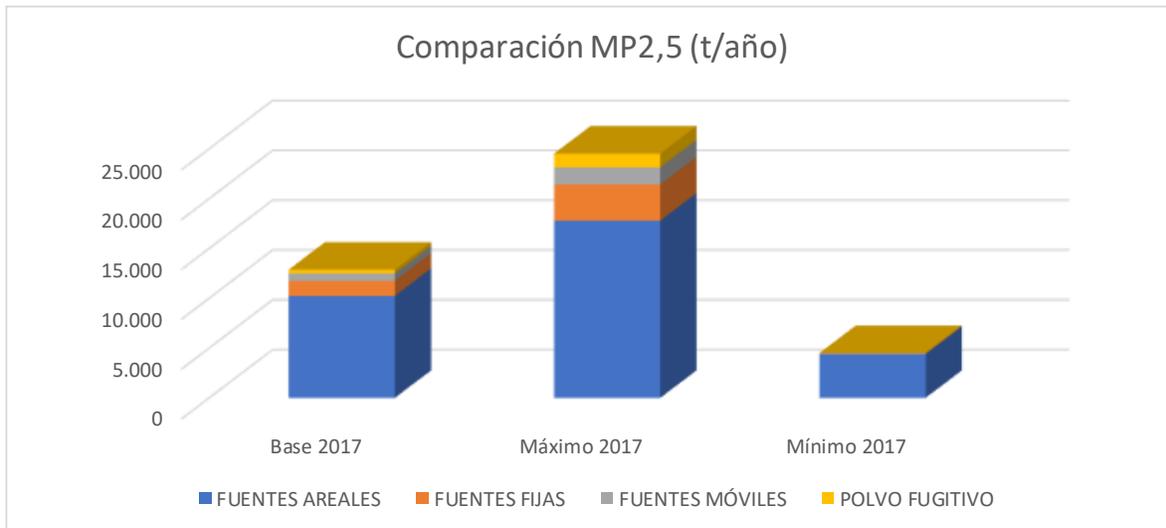


En el caso de MP 10 las principales fuentes de emisión son la leña con un 68% de participación y la calidad de las emisiones para este contaminante es A, lo cual debiera dar la mínima diferencia posible entre el valor estimado y el valor máximo y mínimo. Le siguen el polvo resuspendido de caminos con un 12% participación, cuya calidad para este contaminante es C; lo cual afecta negativamente. Luego le siguen las fuentes móviles con un 5% de participación, cuya calidad para este contaminante es B; lo cual aporta una diferencia pequeña. Finalmente le siguen las carteras también con un 5% de participación cuya calidad es principalmente C; lo cual afecta negativamente. Por tanto, en el caso del



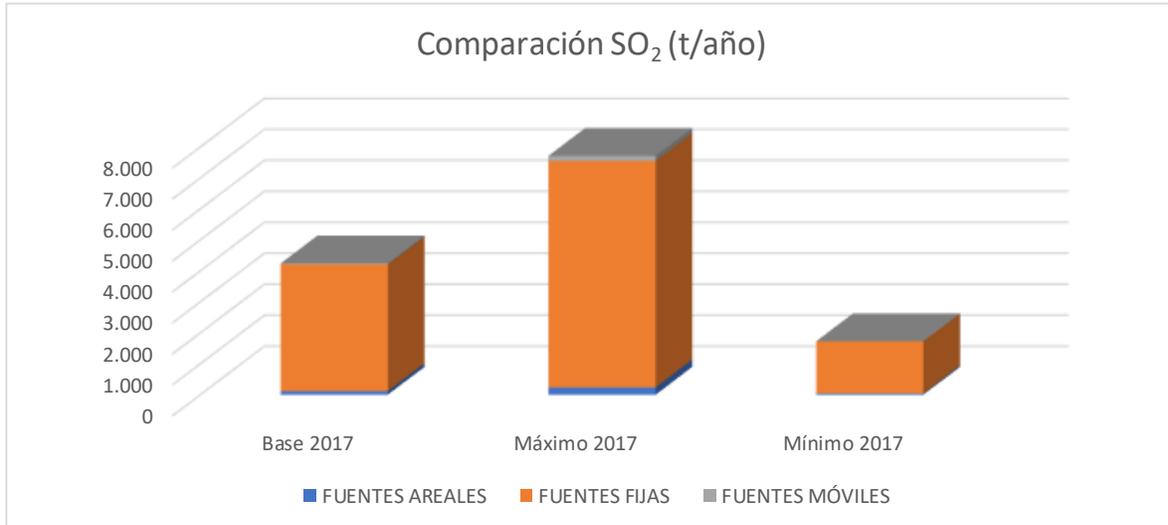
MP10 se obtiene que el valor base de la emisión se aleja del óptimo (mínima diferencia posible entre el valor estimado y el valor máximo y mínimo), por existir un aporte relevante de emisiones con calidad C.

Figura 21: Comparación de Emisiones de MP2.5, Escenario año 2017 vs Escenarios Sensibilizados (mínimo y máximo) en t/año



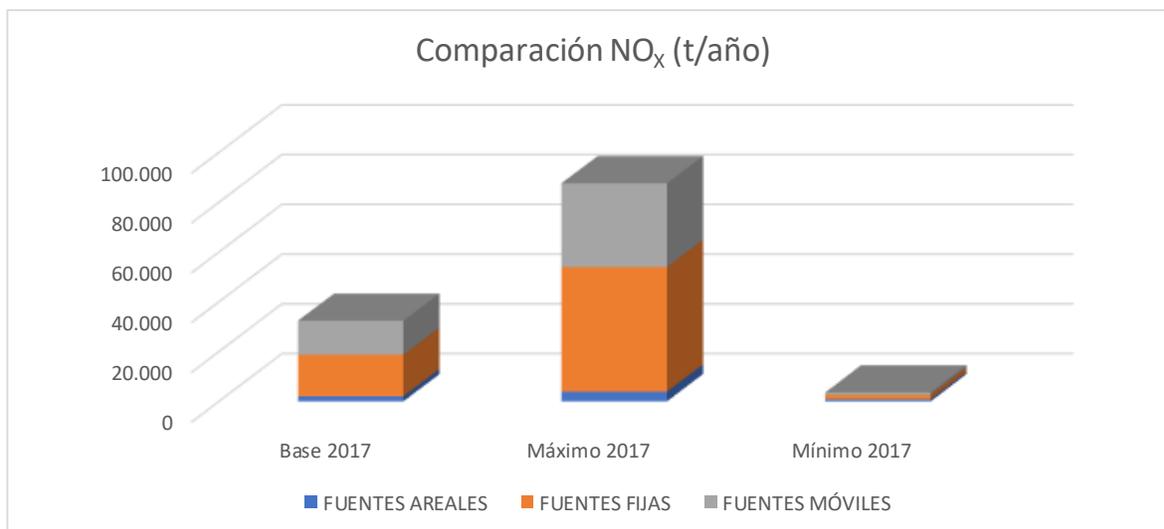
En el caso de MP2,5 las principales fuentes de emisión son: la leña con un 77% de participación y la calidad de las emisiones para este contaminante es A, lo cual debiera dar la mínima diferencia posible entre el valor estimado y el valor máximo y mínimo. Le siguen las fuentes móviles con un 6% de participación cuya calidad para este contaminante es B; lo cual aporta una diferencia pequeña. Le siguen las calderas con un 5% de participación cuya calidad para este contaminante es C; lo cual afecta negativamente y finalmente le sigue el polvo de calles con un 3% de participación cuya calidad es principalmente C; lo cual afecta negativamente. Por tanto, en el caso del MP2,5, se obtiene que el valor base de la emisión se aleja del óptimo (mínima diferencia posible entre el valor estimado y el valor máximo y mínimo), por existir un aporte con calidad C, pero en este caso este aporte es menor al que existe en el caso de MP10, y además el aporte de calidad A también es mayor, lo cual nos indica que en el caso de MP2,5 la diferencia entre las emisiones base y sus máximos y mínimos es menor que en el caso de MP10.

Figura 22: Comparación de Emisiones de SO₂, Escenario año 2017 vs Escenarios Sensibilizados (mínimo y máximo) en t/año



En el caso del SO₂ las principales fuentes de emisión son las calderas con un 74% de participación y la calidad de las emisiones para este contaminante es A; lo cual debiera dar la mínima diferencia posible entre el valor estimado y el valor máximo y mínimo. Lo siguen los procesos con combustión con una participación de un 21%, cuya calidad para este contaminante es A y también da la mínima diferencia posible entre el valor estimado y el valor máximo y mínimo. Por tanto, el resultado obtenido en el inventario de SO₂, entrega una condición que se acerca al óptimo entre el valor estimado y los valores máximos y mínimos, que son mejor a lo obtenido al MP10 y M2,5.

Figura 23: Comparación de Emisiones de NO_x, Escenario año 2017 vs Escenarios Sensibilizados (mínimo y máximo) en t/año



En el caso del NO_x la principal fuente de emisión son las fuentes móviles en ruta con una participación del 43, la calidad de las emisiones para este contaminante es B, lo cual da una diferencia moderada entre el valor estimado y el valor máximo y mínimo. Le siguen los procesos con combustión con un 36% participación; cuya calidad para este contaminante es principalmente C; lo cual afecta negativamente, provocando un aumento de la diferencia entre el valor estimado y el valor máximo y mínimo en la estimación global del contaminante. Le siguen La calderas y grupos electrógenos con un 16% participación, cuya calidad es B mayormente (sobre el 70% de los casos), en este caso implica una diferencia moderada entre el valor estimado y el valor máximo y mínimo. Finalmente la Leña con un 5% de participación, su calidad es A, lo cual debiera dar la mínima diferencia posible entre el valor estimado y el valor máximo y mínimo, no obstante, su peso en el valor final de la emisión de SO₂ no es muy grande. Por tanto, el resultado obtenido en el gráfico para NO_x muestra una condición de mayor diferencia de los valores máximos y mínimos con respecto al valor estimado para SO₂, MP_{2,5} y MP₁₀ (de mejor a peor), ya que en este caso el valor C tiene un peso muy importante en las emisiones y el resto de los valores son principalmente B.

El detalle sobre la aplicación de la sensibilidad al inventario de emisiones se presenta en planillas Excel en el anexo digital denominado "Sensibilidad_Inventario_Emisiones.rar" del presente informe.



Inventario de emisiones en formato Excel

El inventario de emisiones y sus escenarios son entregados en formato Excel indicando claramente los niveles de actividad, factores de emisión y parámetros utilizados. El detalle se presenta en el anexo digital en planillas Excel, específicamente las planillas contenidas dentro de los archivos denominados “Inventario_2017.rar” y “Inventario_2032.rar”.



6.3 Objetivo c) Modelación de dispersión de contaminantes MP2.5

6.3.1 Introducción

En el presente informe se estudia la dispersión de contaminantes atmosféricos cuyo origen son las fuentes móviles, las actividades industriales, residenciales y agrícolas que se desarrollan en la región del Maule. El objetivo principal de este estudio es delimitar el área geográfica de la zona saturada dentro de dicha región.

El patrón de concentraciones de MP10 Y MP2,5 en la zona y los aportes en los puntos receptores, Estaciones de monitoreo de calidad del aire: Curicó, Linares y en la ciudad de Talca, las Estaciones, La Florida, Universidad Católica del Maule y Universidad de Talca, fueron modelados según requerimiento de la “Guía para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA, 2012” del Servicio de Evaluación Ambiental, mediante la aplicación del sistema de modelación atmosférica “WRF – CALPUFF” para simular la dispersión de contaminantes en terreno complejo.

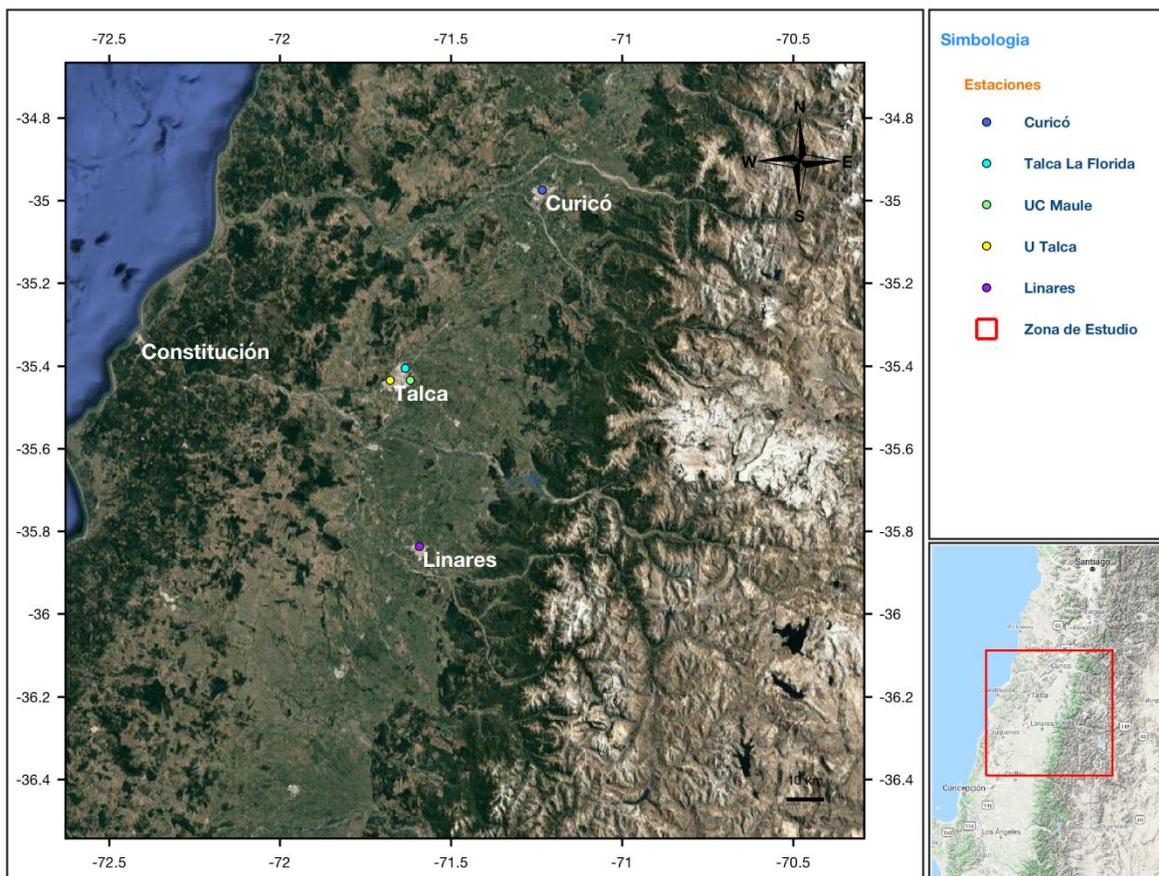
La meteorología utilizada en la modelación corresponde a la obtenida por medio del modelo meteorológico de pronóstico Weather Research and Forecasting Model (WRF), la cual fue utilizada como entrada para el modelo de dispersión CALPUFF. Dicha información es referente al entorno del proyecto y corresponde al periodo comprendido entre el 1 de enero y el 31 de diciembre del año 2017.

El área de modelación corresponde a una grilla de 208 x 208 km², con un espaciamiento de 2 km y 35 niveles verticales. La figura 24 presenta el dominio de la modelación.

Aparte de la información meteorológica, también se requieren las emisiones como datos de entrada. En este caso, se tomaron las emisiones estimadas justamente en este estudio.

En lo que sigue, se presentan las características meteorológicas según las mediciones y el modelo WRF (sección 6.3.2). La sección 6.3.3 se describen los aspectos importantes de las emisiones en su relación con la modelación. La sección 6.3.4 incluye de manera resumida la línea base, mientras que la sección 6.3.5 entrega los resultados de la simulación de dispersión con el modelo CALPUFF y la delimitación de la zona saturada. En el anexo 4 denominado “Datos y Simulaciones Estaciones Consideradas” se incluyen los datos y los resultados de la simulación para las estaciones consideradas.

Figura 24: Dominio de la Modelación





6.3.2 Meteorología

6.3.2.1 Diagnóstico en base a observaciones

La información más objetiva en relación a la situación atmosférica de una zona en particular son las observaciones. Por lo tanto, es recomendable realizar una caracterización meteorológica de esa zona en base a ellas. En la zona de interés se cuenta con las estaciones de calidad del aire y meteorológicas siguientes: Estación Curicó, Estación Linares y en la ciudad de Talca, las Estaciones, La Florida, Universidad Católica del Maule y Universidad de Talca. En lo que sigue, se entrega esta caracterización en términos de los ciclos diarios y ciclos estacionales del viento para las estaciones Curicó, Universidad Católica del Maule y Linares, seguido por los resultados del modelo WRF. Se incluyen sólo estas tres estaciones en el análisis pues se estima que son representativas de lo que se observa en las otras estaciones (un análisis detallado de los datos, no incluido en este informe en consideración a la extensión del mismo, muestra que los resultados son similares para las 5 estaciones). La información referida a las otras estaciones (Talca La Florida y U Talca), se incluye a modo de referencia en el anexo 4 denominado "Datos y Simulaciones Estaciones Consideradas" del presente informe.

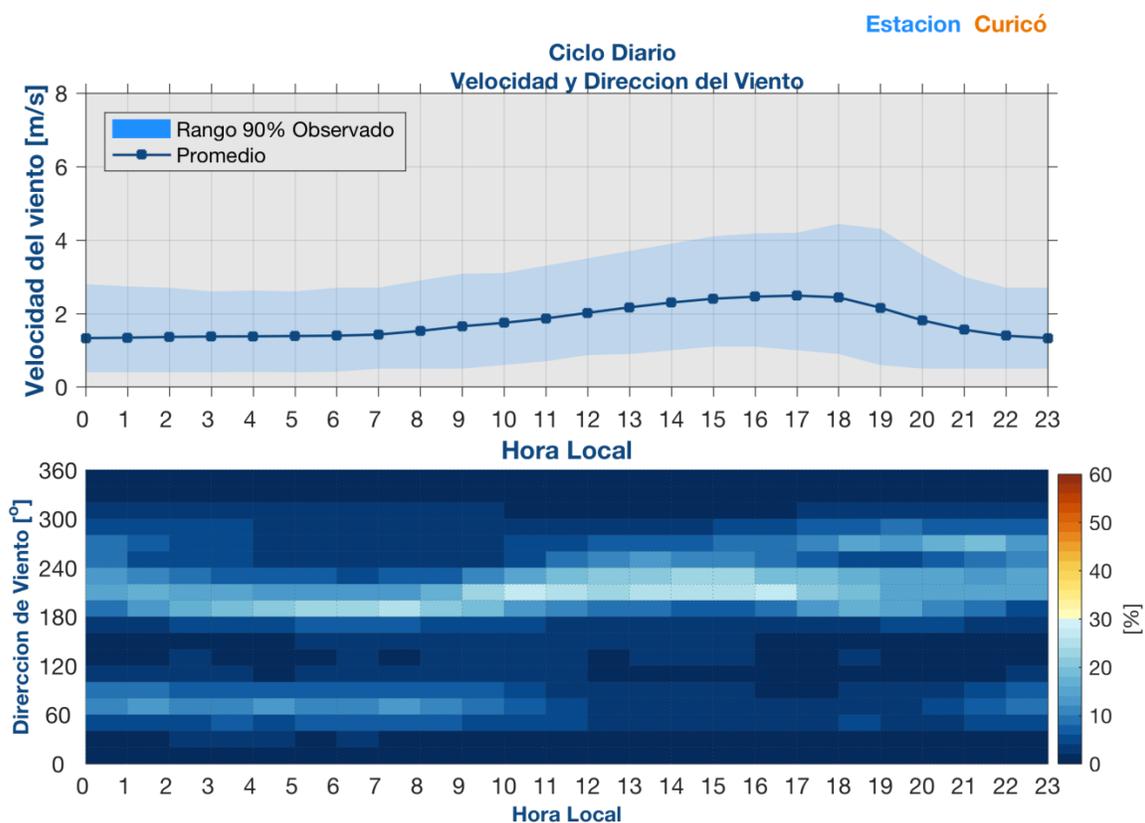
6.3.2.1.1 Ciclo Diario de Viento

La zona de estudio es la Región del Maule y considera un sector de valles con una topografía pronunciada, rodeada por cordones montañosos a ambos lados (Cordillera de Los Andes y de La Costa). En consideración de la ubicación de las estaciones, el análisis se enfoca primordialmente en la zona del valle central. Tal como se menciona en el Anexo 1 "Fundamentos de la Contaminación Atmosférica" de la "Guía para el uso de modelos de calidad del aire en el SEIA" del Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), una topografía como la que se encuentra en la zona está sujeta a brisas de valle/montaña. En términos simples, estas brisas se caracterizan por vientos pendiente arriba durante el día y vientos pendiente abajo durante la noche. En términos de la magnitud del viento, esta es en general mayor durante el día que durante la noche.



Las figuras número 25, 26 y 27, muestran los ciclos diarios de la velocidad y dirección del viento en las estaciones Curicó, UC Maule y Linares, respectivamente (tal como se indicó anteriormente estas estaciones son consideradas representativas pues al analizar los datos de las otras estaciones no se observan diferencias significativas en los patrones de viento). En cada figura se muestra en el gráfico superior el ciclo diario promedio (línea azul) y el rango de 90% de los datos (sombra celeste). En el gráfico inferior se muestran las frecuencias de las direcciones de viento horario.

Figura 25: Ciclo diario de viento para la estación Curicó.



Nota: Gráfico superior: velocidad del viento promedio (línea azul) y rango del 90% observado (sombra celeste). Panel inferior: ciclo diario de la frecuencia de dirección de viento en unidades de porcentaje.

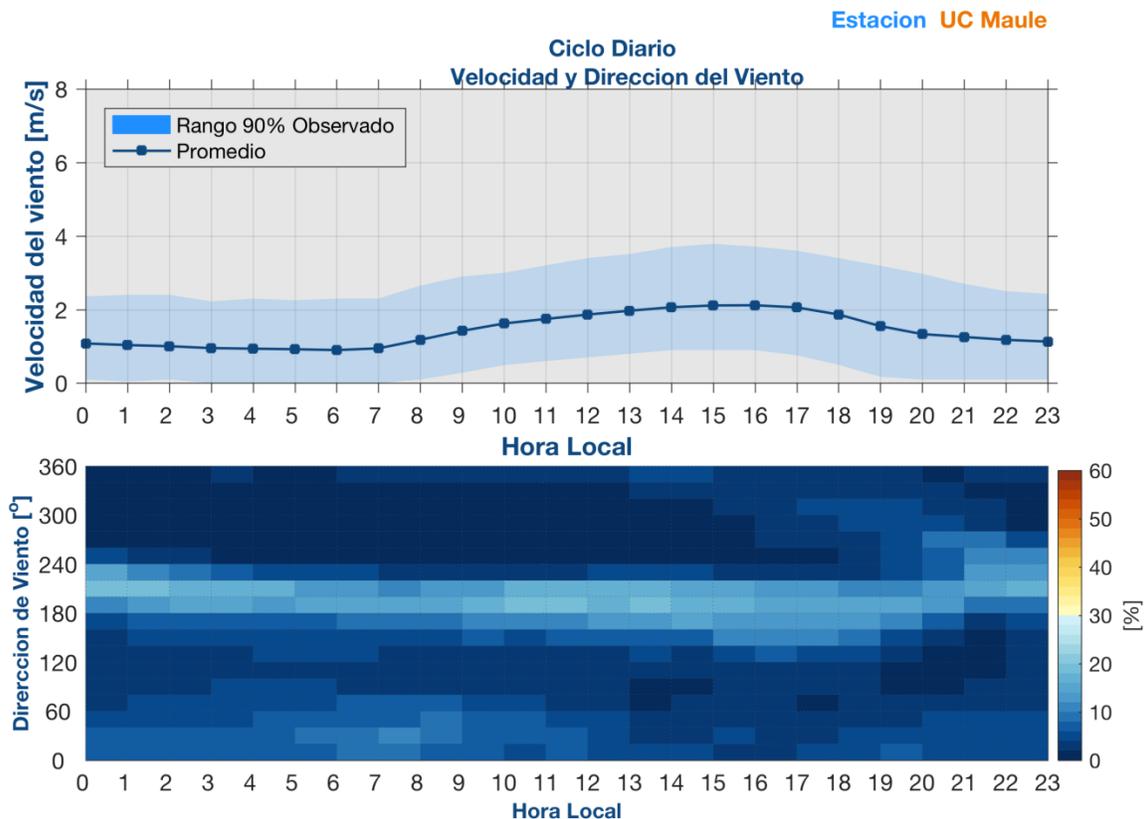
En el caso de la estación Curicó (figura 25), se observa un ciclo diario marcado del viento, con valores mayores durante el día que durante la noche, alcanzando aproximadamente



máximos promedio de 3 m/s y mínimos promedio de 1,5 m/s. El máximo diurno se registra alrededor de las 17:00 hrs y el mínimo en horas de la madrugada, aproximadamente a las 01:00 hrs.

Con respecto al ciclo diario de la dirección de viento, en el caso de la estación Curicó (figura 25) se observan vientos predominantes del suroeste durante las horas del día (aproximadamente de 220°). También existe un segundo régimen diario, con muy baja frecuencia, que es del noreste (aproximadamente de 60°). Durante la noche (aproximadamente entre las 21:00 a las 09:00 hrs), también se observan dos regímenes, aunque más marcados, uno del suroeste (aproximadamente de 200°) y otro con menor frecuencia del noreste (aproximadamente de 60°).

Figura 26: Ciclo diario de viento para la estación UC Maule



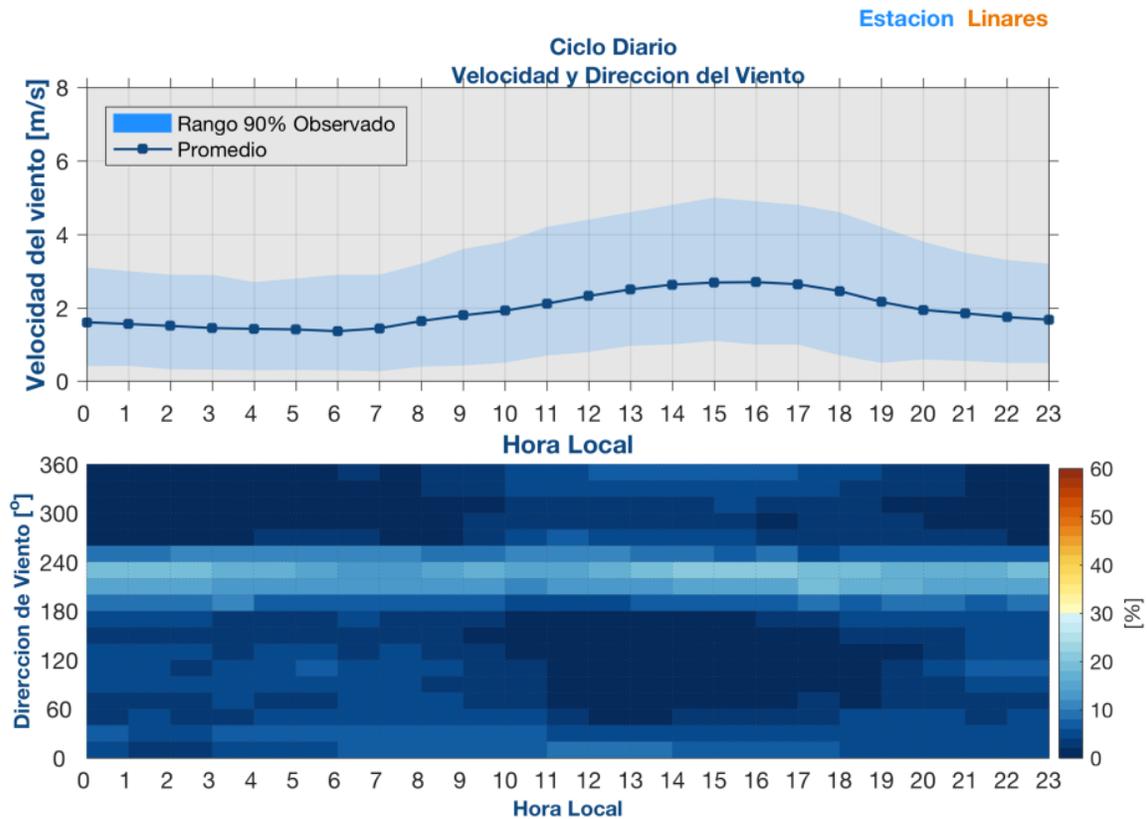


Nota: Gráfico superior: velocidad del viento promedio (línea azul) y rango del 90% observado (sombra celeste). Gráfico inferior: ciclo diario de la frecuencia de dirección de viento en unidades de porcentaje.

En el caso de la estación UC Maule (figura 26), se observa algo similar, un marcado ciclo diario en la intensidad del viento, con valores mayores durante el día (máximo de sólo 2 m/s) que durante la noche (mínimo de 1 m/s). El máximo diurno se alcanza alrededor de las 16:00 hrs, mientras que el mínimo ocurre cerca de las 06:00 hrs.

Con respecto al ciclo diario de la dirección de viento, en el caso de la estación UC Maule (figura 26), se observa algo muy similar al caso anterior, pero menos marcado. Durante el día la dirección de viento predominante es suroeste (aproximadamente de 220°), mientras que durante la noche (21:00 a 11:00 hrs), se observan dos regímenes, aunque no tan marcados, uno del suroeste (200° aprox.) y otro con menor frecuencia del noreste (60° aprox.).

Figura 27: Ciclo diario de viento para la estación Linares



Nota: Gráfico superior: velocidad del viento promedio (línea azul) y rango del 90% observado (sombra celeste). Gráfico inferior: ciclo diario de la frecuencia de dirección de viento en unidades de porcentaje.

En el caso de la estación Linares (figura 27), el comportamiento es parecido, con un marcado ciclo diario en la intensidad del viento, con valores mayores durante el día (máximo de 3 m/s) que durante la noche (mínimo de 1,5 m/s). El máximo diurno se alcanza alrededor de las 16:00 hrs, mientras que el mínimo ocurre cerca de las 06:00 hrs.

Los datos de la estación Linares para la dirección del viento (figura 27) repiten el comportamiento observado en las otras estaciones. Durante el día la dirección de viento predominante es suroeste (aproximadamente de 220°), mientras que durante la noche (21:00 a 11:00 hrs), se observan dos regímenes, aunque no muy marcados, uno del suroeste (220° aprox.) y otro con menor frecuencia del noreste (60° aprox.), muy débil.



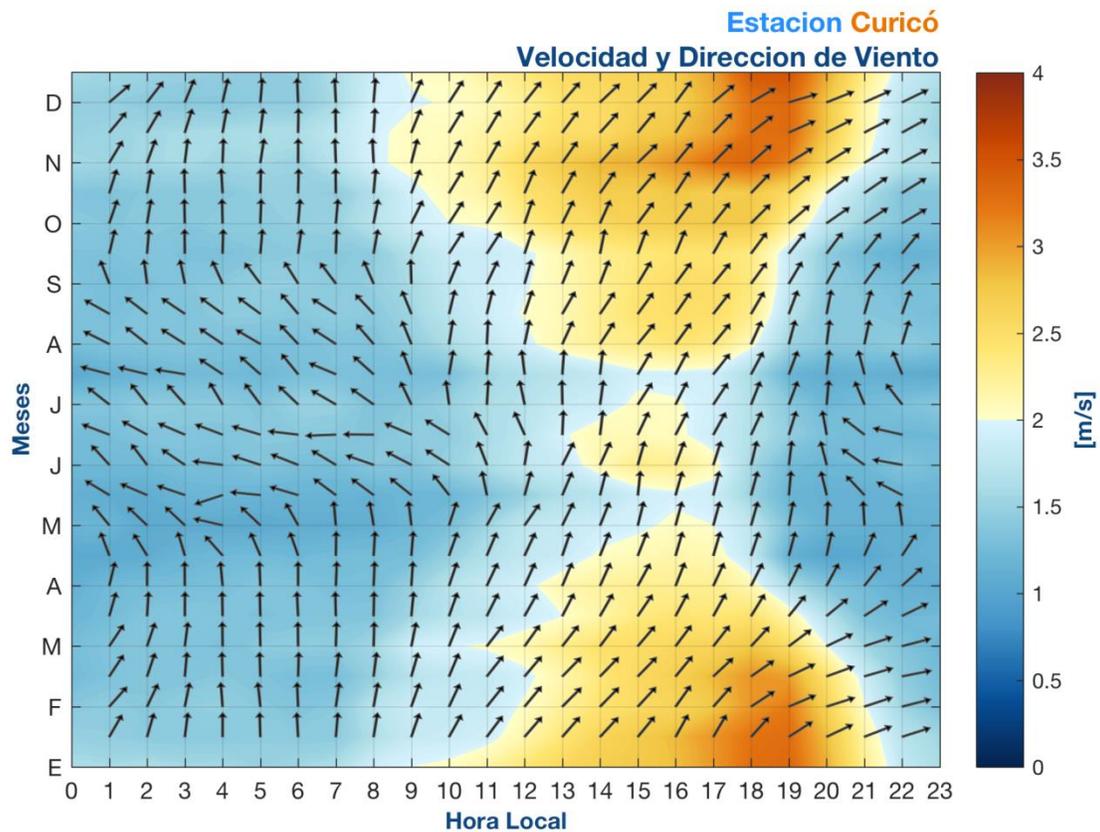
6.3.2.1.2 Ciclo Diario de Viento

Los ciclos diarios descritos en la sección anterior indican el comportamiento promedio del viento a lo largo del año. No obstante, estos vientos se deben principalmente al forzamiento radiativo en terreno complejo (el cual produce las brisas de tierra/mar). Dado que el forzamiento radiativo tiene un ciclo estacional muy marcado, también es de esperar que los ciclos diarios de viento tengan una variabilidad a la escala estacional.

Esta variabilidad estacional se visualiza a través de graficar los ciclos estacionales de los ciclos diarios, tal como se incluye en las figuras número 28, 29 y 30. Estos ciclos estacionales son importantes en zonas donde existe un contraste fuerte entre las estaciones del año. Cabe señalar que para estas figuras se calcula el promedio de las direcciones de viento, lo que puede generar problemas en los resultados siendo la dirección una variable circular. A modo de ejemplo: se puede imaginar un valle con orientación este-oeste y que en este valle el viento tenga en un 50% del tiempo dirección este (90°) y el otro 50% dirección oeste (270°). En este caso el promedio indicaría un viento del sur (180°) que en la realidad nunca se observaría. Es importante considerar ese problema matemático en la interpretación de la dirección del viento en las figuras de los ciclos estacionales. No obstante, no existe otra opción para este tipo de gráfico que calcular el promedio u otras métricas equivalentes que tendrían el mismo problema. Los colores en las figuras indican la velocidad del viento y las líneas con flecha la dirección. La dirección del viento se debe interpretar considerando que el viento sopla en el sentido de la flecha (que en este caso es un vector de flujo).

En el caso de Curicó (figura 28), se observa en el ciclo estacional, al igual que en el ciclo diario de la magnitud del viento, un máximo diurno y un mínimo nocturno. Durante los meses de verano los vientos más intensos del día se mantienen entre las 10:00 y las 21:00 hrs., mientras que en invierno se observan sólo entre las 12:00 y las 19:00 hrs. Por otra parte, cabe destacar que las bandas de vientos de mayor intensidad durante las noches de invierno pueden atribuirse al paso de sistemas frontales por la zona.

Figura 28: Ciclo estacional del ciclo diario de viento (velocidad y dirección) para la estación Curicó



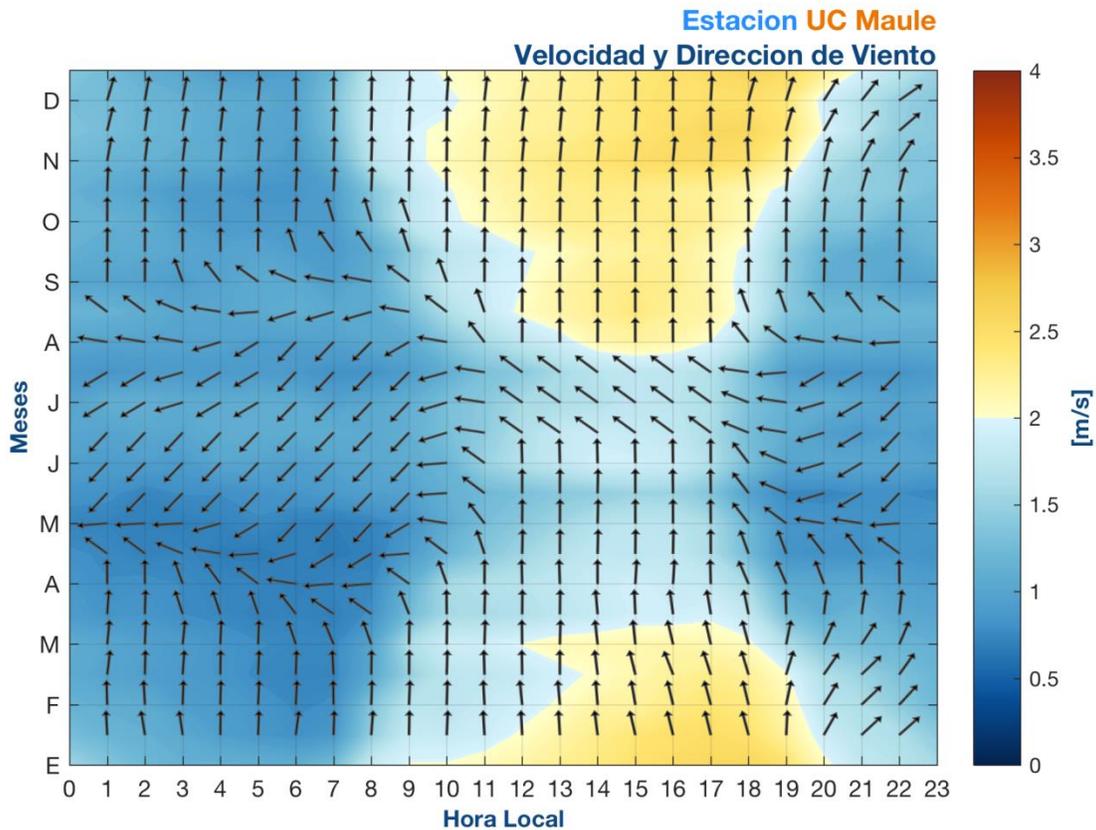
Nota: Los colores indican la velocidad del viento y las líneas con flecha la dirección. La dirección del viento se debe interpretar considerando que el viento sopla en el sentido de la flecha.

Con respecto a las direcciones de viento, se observa que durante el día estas casi no muestran variaciones a lo largo del año. Sin embargo, durante la noche se observan diferencias con el cambio de estación. Para los meses de verano, se observa un viento predominante del sur y la componente del oeste (observada en la figura 25) se pierde durante este periodo. Por otra parte, durante los meses de invierno ambas componentes vuelven a ser notorias durante la noche. En la figura se observan direcciones predominantes del sur-este, sin embargo esto es producto de promediar las direcciones vistas en la figura 25, sur (suroeste) y este (noreste). Este problema es muy común ya que, como se mencionó anteriormente, la dirección del viento es una variable circular.



En el caso de UC Maule (figura 29), se observa en el ciclo estacional, al igual que en el ciclo diario de la magnitud del viento, un máximo diurno y un mínimo nocturno. Durante los meses de verano los vientos más intensos del día se mantienen entre las 10:00 y las 21:00 hrs., y son menos intensos que en el caso de Curicó, mientras que en invierno se observan sólo entre las 12:00 y las 18:00 hrs. Al igual que en el caso de Curicó, las bandas de vientos de mayor intensidad durante las noches de invierno pueden atribuirse al paso de sistemas frontales por la zona.

Figura 29: Ciclo estacional del ciclo diario de viento (velocidad y dirección) para la estación UC Maule

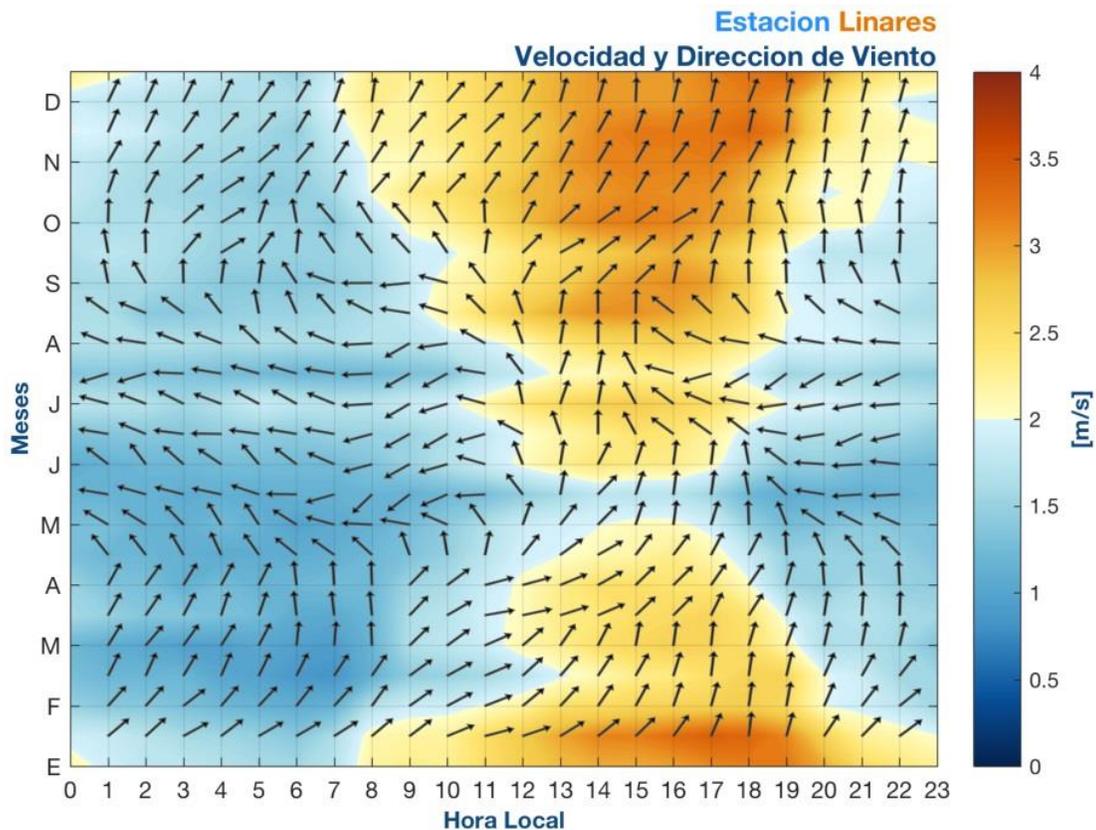


Nota: Los colores indican la velocidad del viento y las líneas con flecha la dirección. La dirección del viento se debe interpretar considerando que el viento sopla en el sentido de la flecha.

Con respecto a las direcciones de viento, se observa que durante el día predomina el viento sur. En la figura se observan direcciones predominantes del sur-este durante el invierno, sin embargo, esto es producto de promediar las direcciones vistas en la figura 26, sur (suroeste) y este (noroeste) (problema ya mencionado anteriormente). Para los meses de verano, se observa un viento predominante del sur y la componente del oeste (observada en la figura 26) se pierde durante este periodo. Por otra parte, durante los meses de invierno ambas componentes vuelven a ser notorias durante la noche.

En el caso de Linares (figura 30), los datos son muy similares a las estaciones anteriores. Se observa en el ciclo estacional, al igual que en el ciclo diario de la magnitud del viento, un máximo diurno y un mínimo nocturno. Durante los meses de verano los vientos más intensos del día se mantienen entre las 10:00 y las 21:00 hrs., mientras que en invierno se observan sólo entre las 12:00 y las 19:00 hrs.

Figura 30: Ciclo estacional del ciclo diario de viento (velocidad y dirección) para la estación Linares



Nota: Los colores indican la velocidad del viento y las líneas con flecha la dirección. La dirección del viento se debe interpretar considerando que el viento sopla en el sentido de la flecha.

Con respecto a las direcciones de viento, se observa que durante el día estas casi no muestran variaciones a lo largo del año. Sin embargo, durante la noche se observan diferencias con el cambio de estación. Para los meses de verano, se observa un viento



predominante del sur y la componente del oeste (observada en la figura 27) se pierde durante este periodo. Por otra parte, durante los meses de invierno ambas componentes vuelven a ser notorias durante la noche. En la figura se observan direcciones predominantes del sur-este, sin embargo, esto es producto de promediar las direcciones vistas en la figura 27, sur (suroeste) y este (noreste). Este problema es muy común ya que, como se mencionó anteriormente, la dirección del viento es una variable circular.

6.3.2.2 Comparación de resultados WRF con observaciones

Un modelo numérico forma la base fundamental para la caracterización meteorológica espacial global de una zona. Antes de usar sus resultados, es importante evaluar la calidad de la información que entrega. Con fines de esta evaluación, se comparan los resultados del modelo con las observaciones. Tal como lo recomienda la Guía, el periodo del modelo es un año. Ya que se supone que un año de modelación es representativo para la climatología de la zona de interés, se compara este año con las series de tiempo completas de las observaciones. En este contexto, también cabe señalar que las simulaciones de WRF no ocupan datos de observaciones como datos de entrada, así que la evaluación es completamente independiente y objetiva. Esta sección se enfoca en la capacidad de WRF para reproducir los ciclos presentados en la sección 6.3.2.1. El año simulado por WRF fue el 2017.

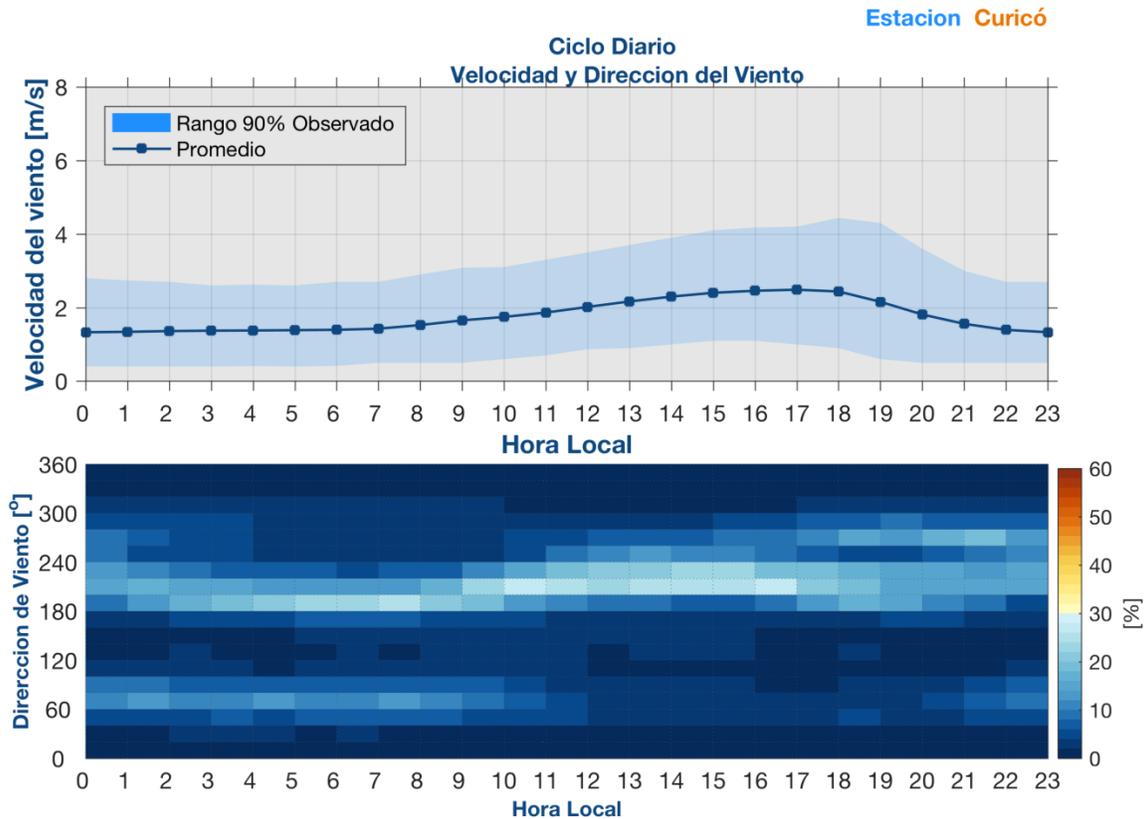
6.3.2.2.1 Ciclo Diario de Viento

Las figuras Numero 31 y 32 muestran los ciclos diarios observados y los simulados con WRF para la estación Curicó.

En general, en el caso de la estación Curicó, el modelo WRF representa bien el ciclo diario de la velocidad de viento, mostrando máximos de la variable en el día y mínimos en la noche. Sin embargo, el modelo sobreestima en 1,2 m/s el mínimo nocturno y en 1,6 m/s el máximo diurno. La principal diferencia entre el ciclo diario de viento observado y el modelado con WRF es que la hora del máximo se encuentra desfasada en aproximadamente 2 horas. Se desconoce la raíz de esta diferencia.

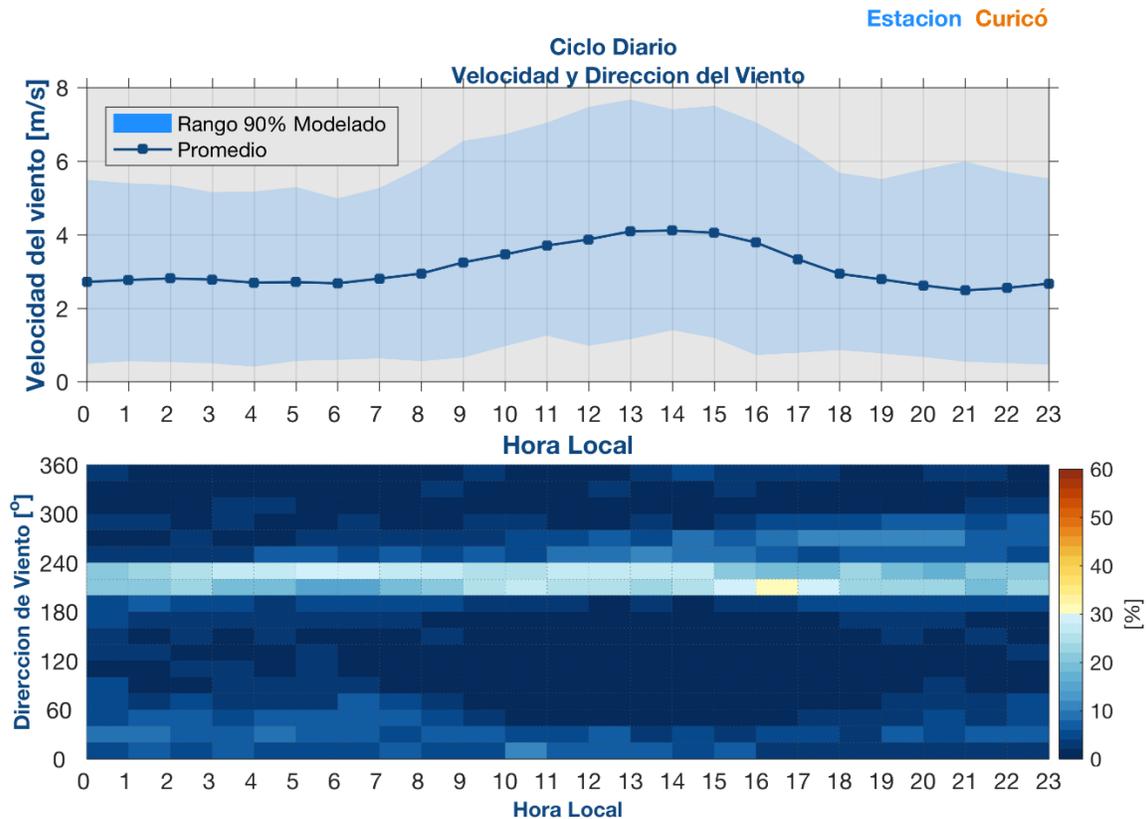
Con respecto al ciclo diario de la dirección de viento, se puede observar que el modelo WRF logra representar muy bien esta variable. Durante el día muestra los vientos principalmente provenientes del sur (suroeste) y durante la noche se puede apreciar que el modelo reproduce relativamente bien los dos regímenes observados. La única diferencia que se observa es en el segundo régimen durante el día (de menor frecuencia), que en las observaciones tiene una dirección aproximadamente noreste y en el modelo, norte. A pesar de esa diferencia, el desempeño del modelo en términos de la dirección de viento puede ser considerado como muy bueno.

Figura 31: Ciclo diario de viento para la estación Curicó



Nota: Gráfico superior: velocidad del viento promedio (línea azul) y rango del 90% observado (sombra celeste). Gráfico inferior: ciclo diario de la frecuencia de dirección de viento en unidades de porcentaje.

Figura 32: Ciclo diario de viento modelado con WRF para la estación Curicó

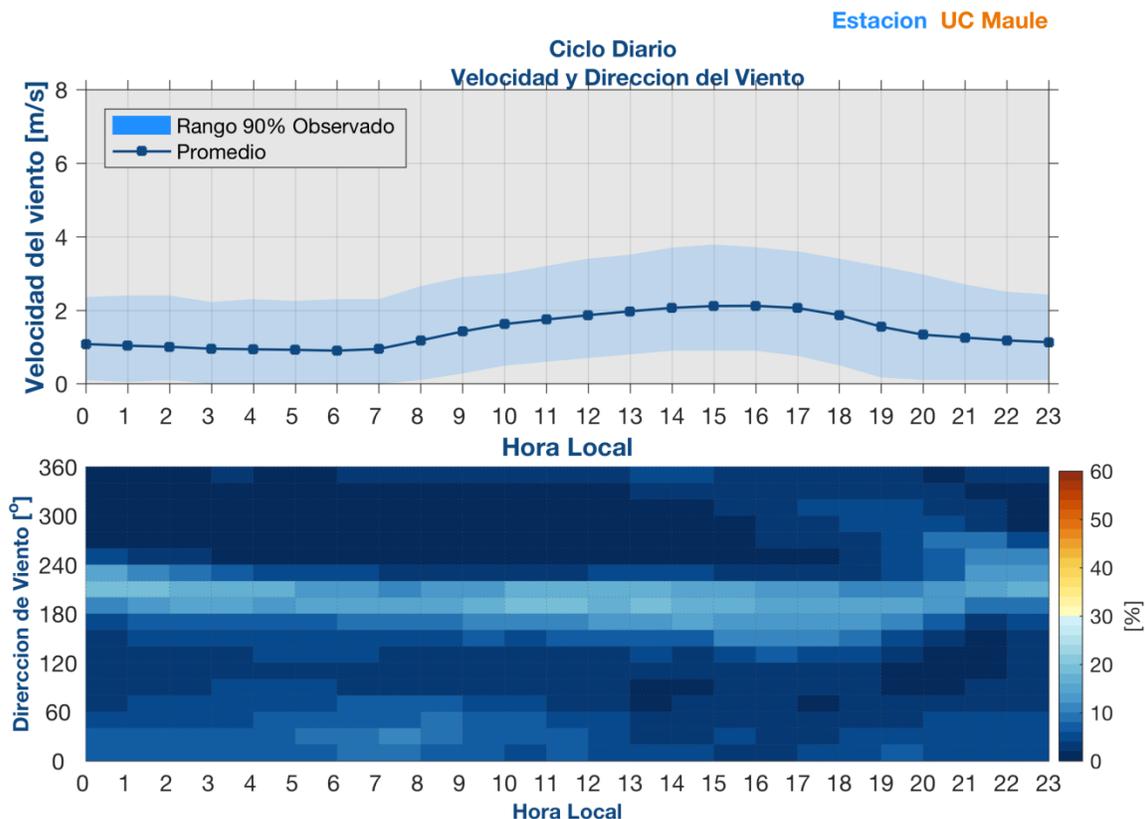


Nota: Gráfico superior: velocidad del viento promedio (línea azul) y rango del 90% observado (sombra celeste). Gráfico inferior: ciclo diario de la frecuencia de dirección de viento en unidades de porcentaje.

Las figuras número 33 y 34 muestran los ciclos diarios observados y los simulados con WRF para la estación UC Maule.

En el caso de la estación UC Maule, el modelo WRF es también capaz de reproducir el ciclo diario de la velocidad de viento, con máximos en el día y mínimos en la noche. Sin embargo, en este caso tampoco existe una buena correspondencia en la magnitud del viento, ya que el modelo WRF sobreestima en 1,9 m/s el mínimo nocturno y en 2,1 m/s el máximo diurno. En este caso nuevamente la principal diferencia entre el ciclo diario de viento observado y el modelado con WRF es que la hora del máximo se encuentra desfasada en aproximadamente 2 horas. Se desconoce la raíz de esta diferencia.

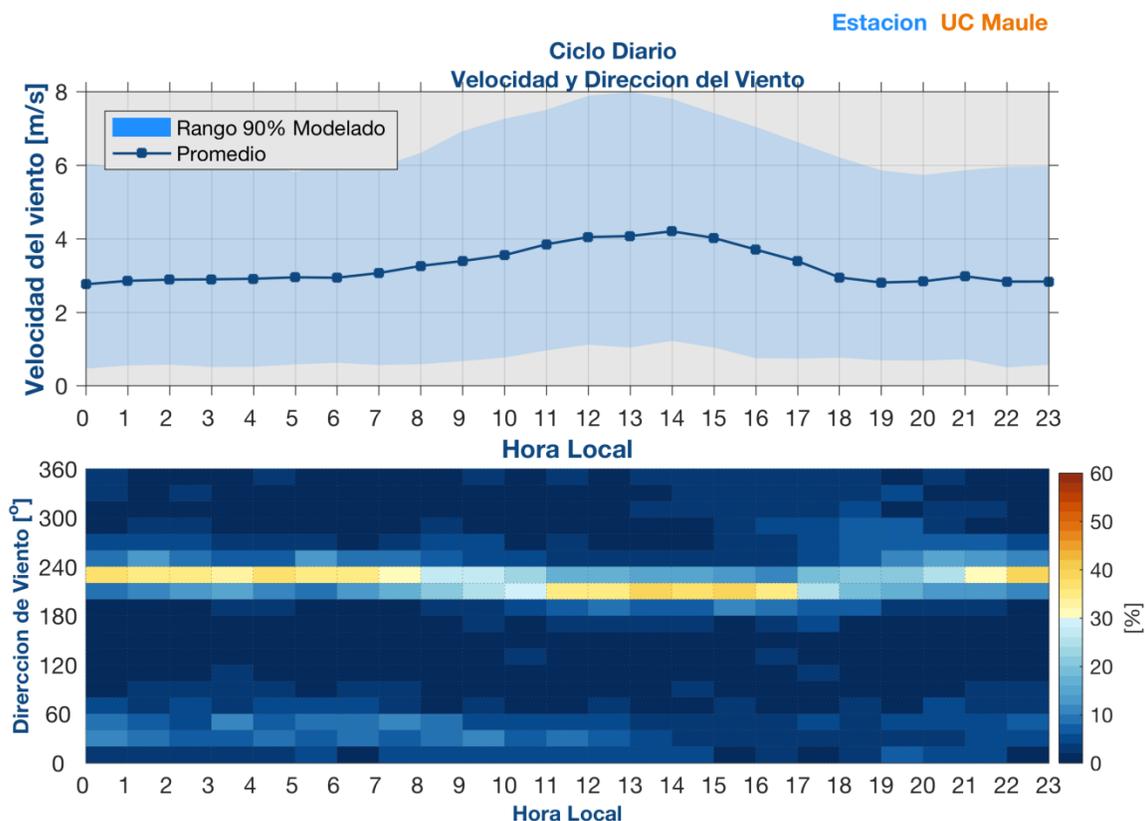
Figura 33: Ciclo diario de viento para la estación UC Maule



Nota: Gráfico superior: velocidad del viento promedio (línea azul) y rango del 90% observado (sombra celeste). Gráfico inferior: ciclo diario de la frecuencia de dirección de viento en unidades de porcentaje.

Con respecto al ciclo diario de la dirección de viento, en este caso se puede observar que si bien el modelo WRF logra representar bien esta variable, exagera en cuanto a la distribución de las direcciones. Hay una mayor concentración de datos con dirección suroeste en la modelación que en las observaciones. Durante la noche se puede apreciar que el modelo reproduce los dos regímenes observados. En general el desempeño del modelo en términos de la dirección de viento puede ser también considerado como bueno en este caso.

Figura 34: Ciclo diario de viento modelado con WRF para la estación UC Maule



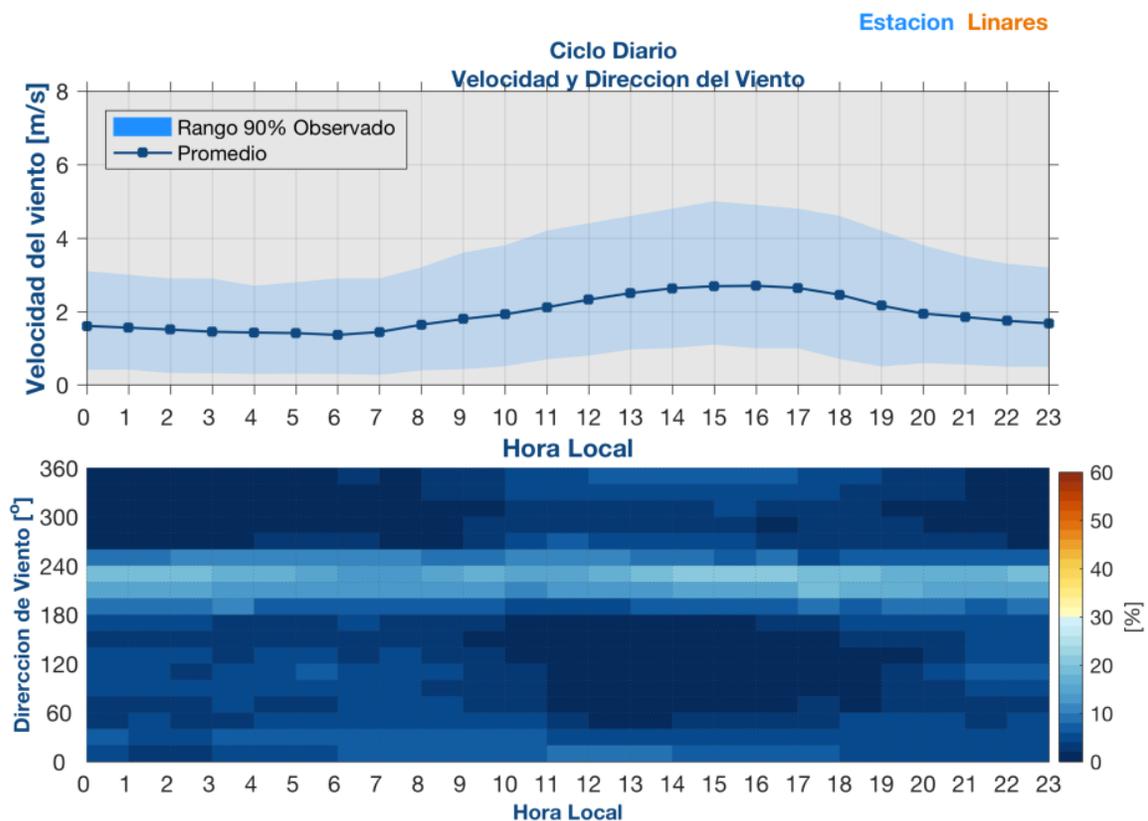
Nota: Gráfico superior: velocidad del viento promedio (línea azul) y rango del 90% observado (sombra celeste). Gráfico inferior: ciclo diario de la frecuencia de dirección de viento en unidades de porcentaje.

Las figuras número 35 y 36 muestran los ciclos diarios observados y los simulados con WRF para la estación Linares.

En el caso de la estación Linares, el modelo WRF es capaz de reproducir el ciclo diario de la velocidad de viento, con máximos en el día y mínimos en la noche. Sin embargo, en este caso tampoco existe una buena correspondencia en la magnitud del viento, ya que el modelo WRF sobreestima en 1,5 m/s el mínimo nocturno y en 1,7 m/s el máximo diurno. En este caso nuevamente la principal diferencia entre el ciclo diario de viento observado y el modelado con WRF es que la hora del máximo se encuentra desfasada en aproximadamente 2 horas. Se desconoce la raíz de esta diferencia.

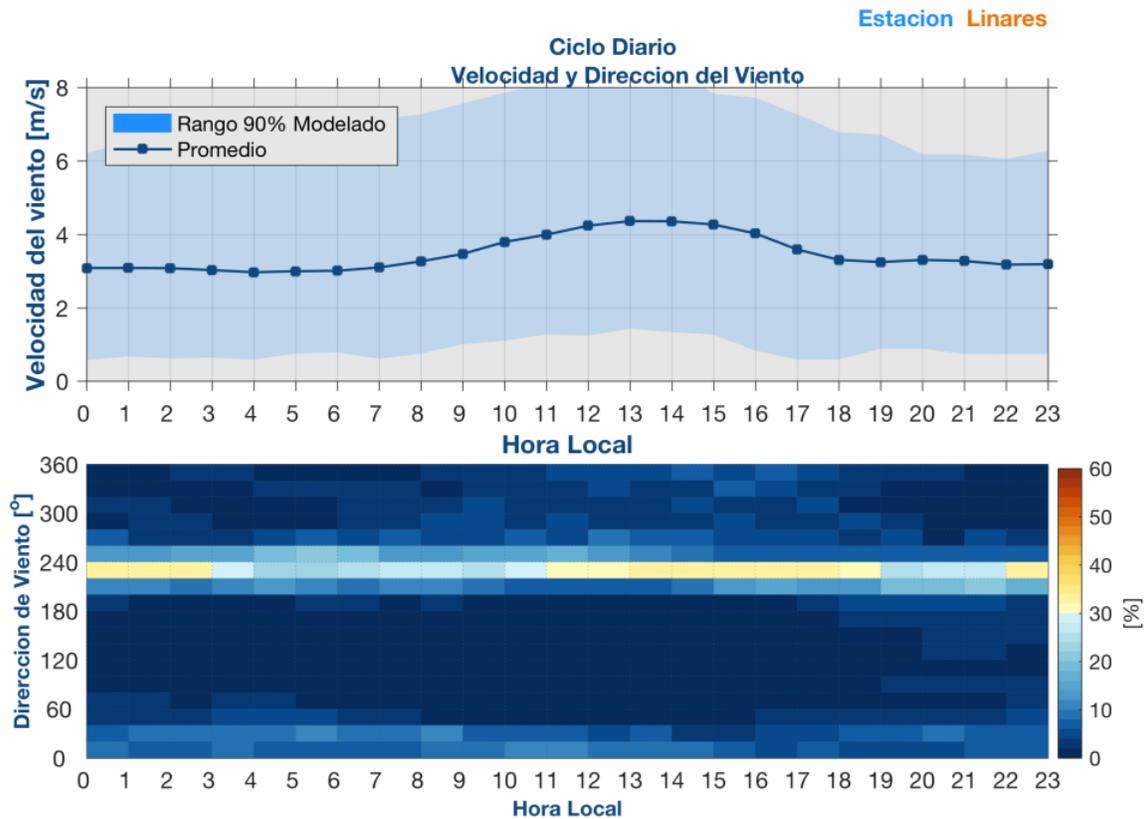
Con respecto al ciclo diario de la dirección de viento, en este caso se puede observar que, si bien el modelo WRF logra representar bien esta variable, exagera en cuanto a la distribución de las direcciones. Hay una mucho mayor concentración de datos con dirección suroeste (240°) en la modelación que en las observaciones. Durante la noche se puede apreciar que el modelo reproduce los dos regímenes observados, aunque sigue dándole mucho más peso a la dirección suroeste. En general el desempeño del modelo en términos de la dirección de viento también puede ser considerado como bueno en este caso.

Figura 35: Ciclo diario de viento para la estación Linares



Nota: Gráfico superior: velocidad del viento promedio (línea azul) y rango del 90% observado (sombra celeste). Gráfico inferior: ciclo diario de la frecuencia de dirección de viento en unidades de porcentaje.

Figura 36: Ciclo diario de viento modelado con WRF para la estación Linares



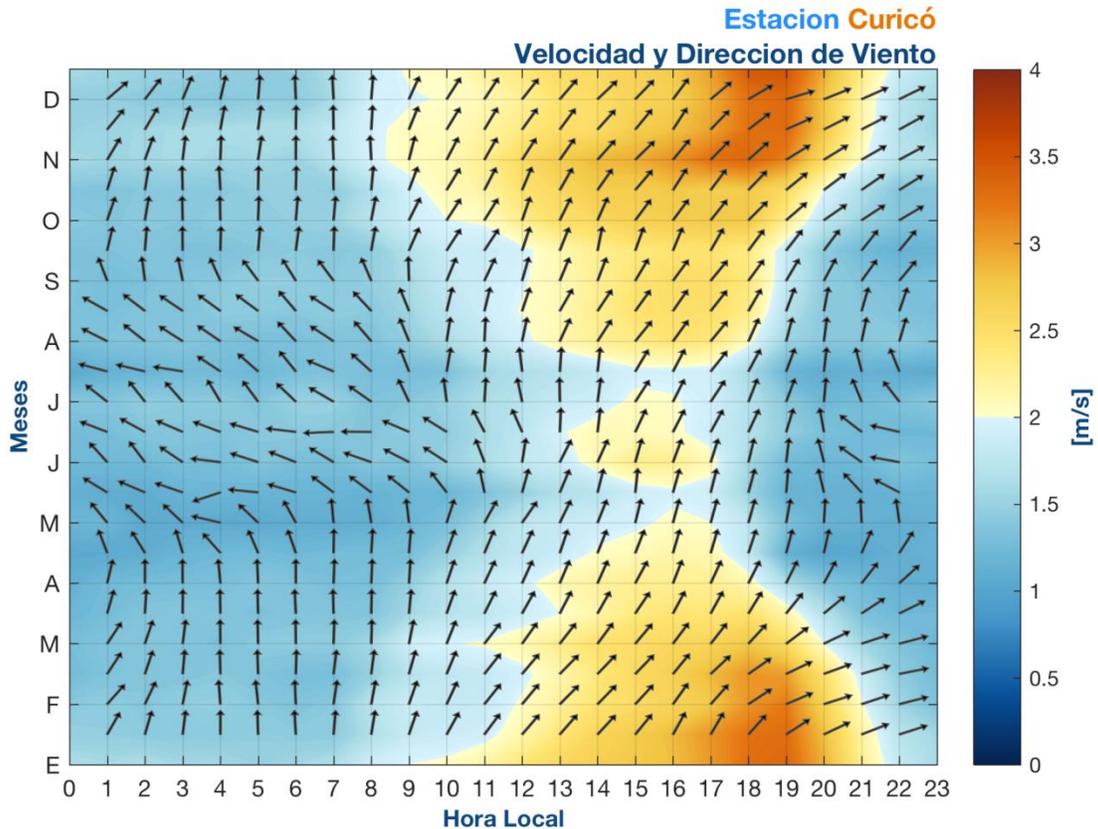
Nota: Gráfico superior: velocidad del viento promedio (línea azul) y rango del 90% observado (sombra celeste). Gráfico inferior: ciclo diario de la frecuencia de dirección de viento en unidades de porcentaje.

6.3.2.2.2 Ciclo Estacional de Viento

En las figuras número 37 y 38 se muestran los ciclos estacionales observados y simulados con WRF para la estación Curicó. Se observa que WRF representa bien la magnitud del viento, aunque con una leve sobreestimación. Si bien el modelo muestra la menor duración del máximo diurno durante invierno, también muestra bandas de más altas magnitudes durante todo el año. Estas bandas se podrían atribuir a sistemas frontales. También se registran esos sistemas frontales en las observaciones, pero con menor intensidad.

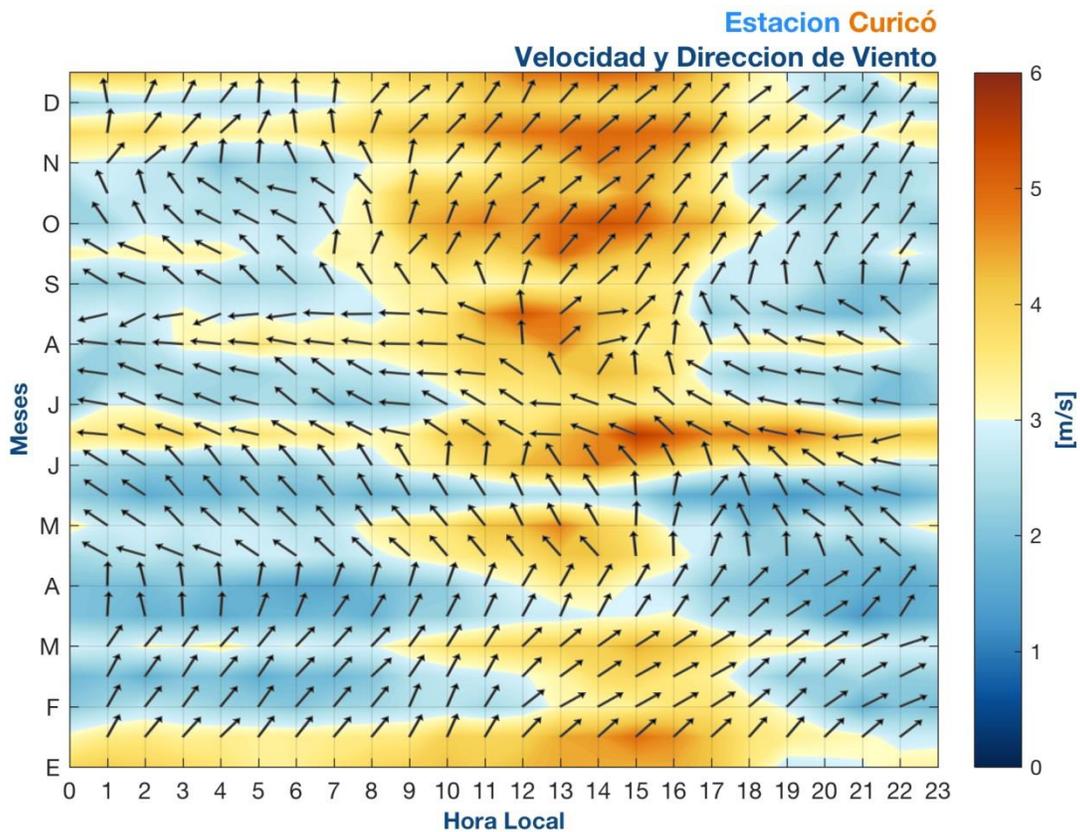
Con respecto a la dirección del viento se observa que el modelo no logra reproducir de manera correcta todas las direcciones predominantes, particularmente durante la noche y el invierno, cuando el viento es menos intenso.

Figura 37: Ciclo estacional del ciclo diario de viento (velocidad y dirección) para la estación Curicó



Nota: Los colores indican la velocidad del viento y las líneas con flecha la dirección. La dirección del viento se debe interpretar considerando que el viento sopla en el sentido de la flecha.

Figura 38: Ciclo estacional del ciclo diario de viento (velocidad y dirección) modelado con WRF para la estación Curicó



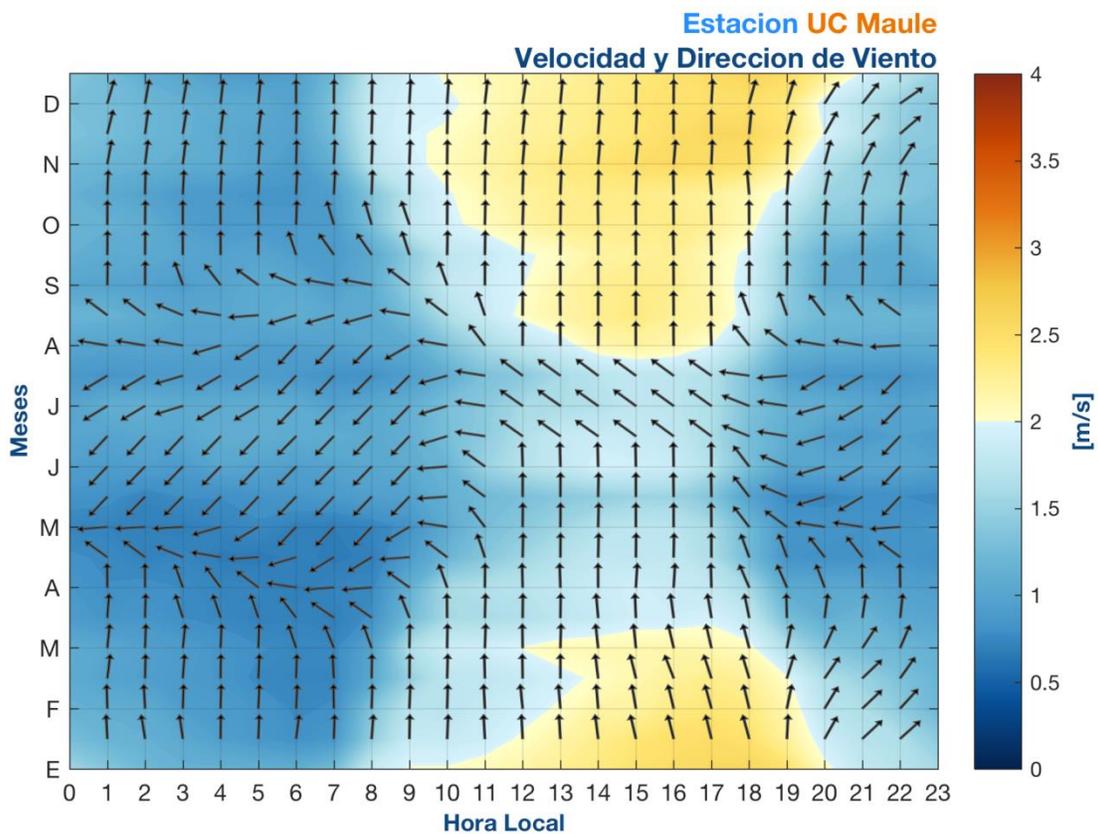
Nota: Los colores indican la velocidad del viento y las líneas con flecha la dirección. La dirección del viento se debe interpretar considerando que el viento sopla en el sentido de la flecha.

En las figuras número 39 y 40 se muestran los ciclos estacionales observados y simulados con WRF para la estación UC Maule. En este caso se hace más evidente que WRF sobreestima la magnitud del viento. Al igual que en el caso de estación Curicó, el modelo genera bandas con mayor intensidad del viento, las que se podrían atribuir a sistemas frontales.

Con respecto a la dirección del viento se observa que en el caso de la estación UC Maule el modelo presenta los mismos problemas que en el caso de estación Curicó, no se logró

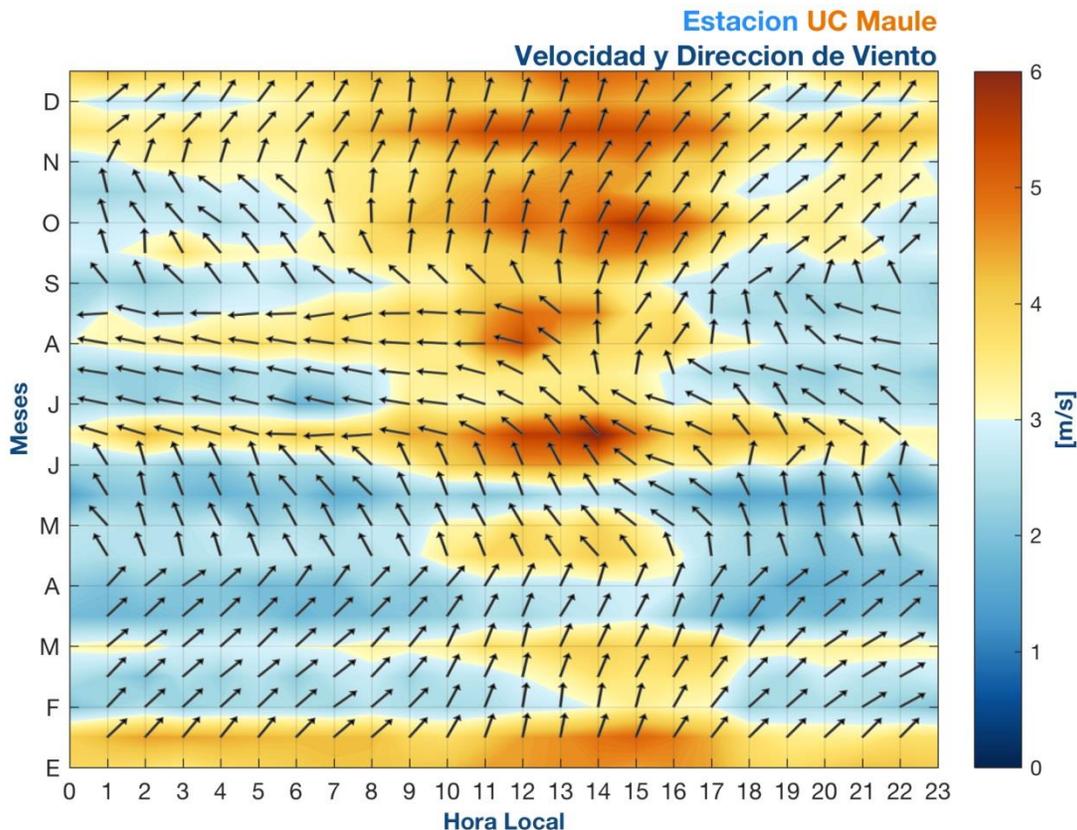
representar bien la componente principal del viento, especialmente durante la noche y el invierno, cuando el viento es menos intenso.

Figura 39: Ciclo estacional del ciclo diario de viento (velocidad y dirección) para la estación UC Maule



Nota: Los colores indican la velocidad del viento y las líneas con flecha la dirección. La dirección del viento se debe interpretar considerando que el viento sopla en el sentido de la flecha.

Figura 40: Ciclo estacional del ciclo diario de viento (velocidad y dirección) modelado con WRF para la estación UC Maule

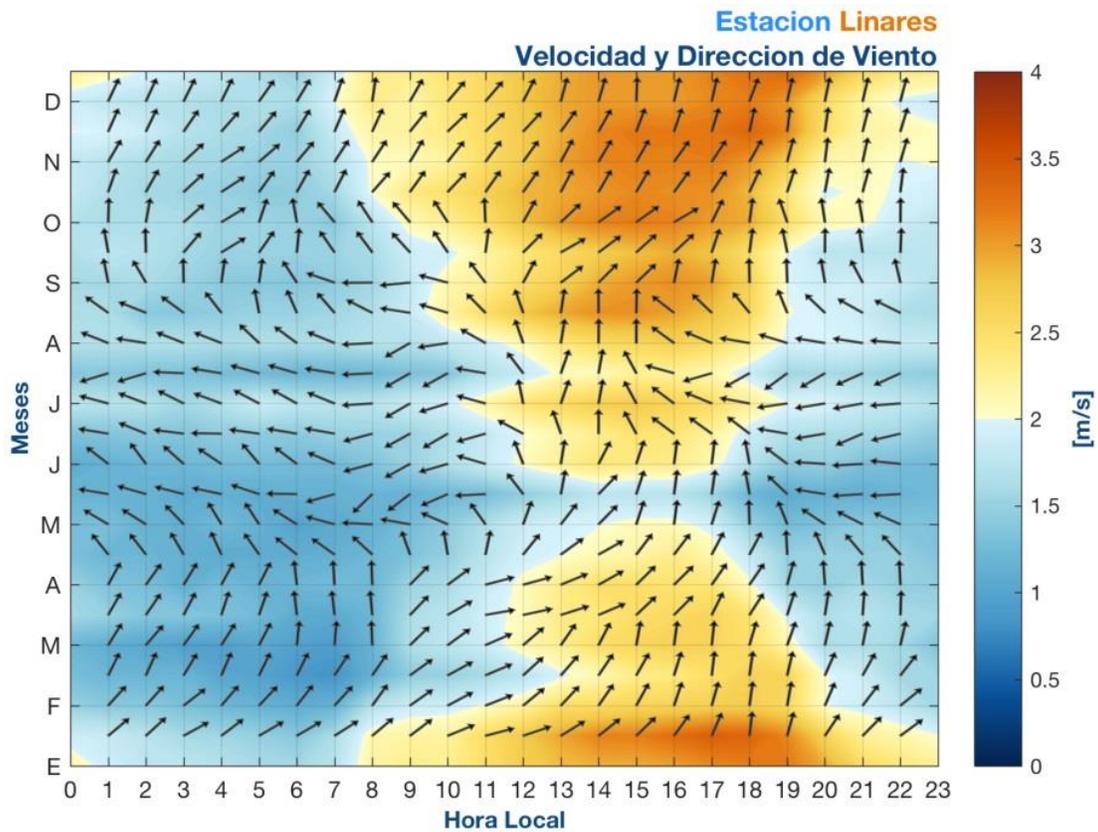


Nota: Los colores indican la velocidad del viento y las líneas con flecha la dirección. La dirección del viento se debe interpretar considerando que el viento sopla en el sentido de la flecha.

En las figuras número 41 y 42 se muestran los ciclos estacionales observados y simulados con WRF para la estación Linares. Se observa que WRF representa bien la magnitud del viento, aunque con una importante sobreestimación, sobre todo en la tarde. Si bien el modelo muestra la menor duración del máximo diurno durante invierno, también muestra bandas de más altas magnitudes durante todo el año. Estas bandas se podrían atribuir a sistemas frontales. También se registran esos sistemas frontales en las observaciones, pero con menor intensidad.

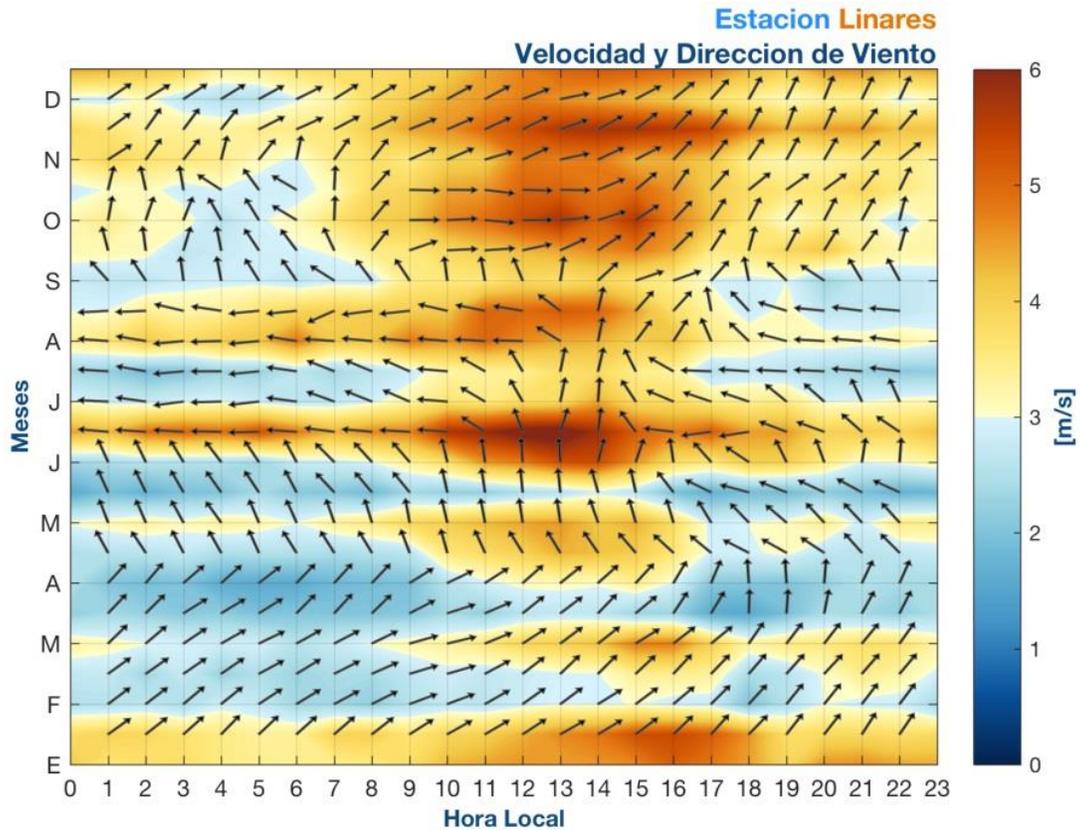
Con respecto a la dirección del viento, se observa que el modelo logra reproducir de buena manera la mayoría de las direcciones predominantes.

Figura 41: Ciclo estacional del ciclo diario de viento (velocidad y dirección) para la estación Linares



Nota: Los colores indican la velocidad del viento y las líneas con flecha la dirección. La dirección del viento se debe interpretar considerando que el viento sopla en el sentido de la flecha.

Figura 42: Ciclo estacional del ciclo diario de viento (velocidad y dirección) modelado con WRF para la estación Linares



Nota: Los colores indican la velocidad del viento y las líneas con flecha la dirección. La dirección del viento se debe interpretar considerando que el viento sopla en el sentido de la flecha.



Mientras en el análisis anterior se compararon los resultados WRF con las observaciones en términos cualitativos, en la siguiente tabla se entregan los valores cuantitativos de la comparación. En este caso se comparan los resultados del modelo WRF con las observaciones en términos de los errores (sesgo del modelo) para los promedios de las mínimas y máximas de la velocidad del viento. La tabla 54 entrega los valores para las estaciones Curicó, UC Maule y Linares, tanto para las observaciones como para WRF y los valores de los respectivos sesgos (para el detalle de las otras estaciones ver el anexo 4 denominado “Datos y Simulaciones Estaciones Consideradas” del presente informe).

Tabla 54: Comparativa de las variables de viento mínimo y máximo diario (Magnitud de viento en m/s), tanto para las observaciones como para WRF y sus respectivos sesgos.

Receptores	Observado		WRF		Sesgo	
	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx
Estación Curicó	1,3	2,5	2,5	4,1	+1,2	+1,6
Estación Universidad Católica del Maule	0,9	2,1	2,8	4,2	+1,9	+2,1
Estación Linares	1,4	2,7	3	4,4	+1,6	+1,7

Como se mencionó anteriormente, si bien el modelo WRF representa bastante bien el ciclo diario de la magnitud del viento, existen sobreestimaciones evidentes en diferentes casos. Para la estación Curicó se observa un sesgo promedio de +1,2 m/s durante la noche (valores mínimos) y de +1,6 m/s durante el día (valores máximos). En el caso de UC Maule estos valores suben a +1,9 y +2,1 m/s respectivamente. Para Linares el sesgo se mantiene entre ambos casos anteriores, +1,6 m/s en la noche y +1,7 m/s en el día (para ver los resultados de las otras estaciones revisar el anexo 4 denominado “Datos y Simulaciones Estaciones Consideradas” del presente informe).



6.3.2.3 Caracterización de los vientos según WRF

La discusión sobre la meteorología hasta ahora se ha centrado sólo en la de las estaciones consideradas. Es justamente la aplicación de un modelo numérico lo que permite patrones de viento espacialmente completos. Los patrones según un modelo siempre deben ser interpretados dentro del contexto del análisis de errores comparando el modelo con las mediciones (según subsección anterior). Debido a que el modelo reproduce relativamente bien las mediciones, se debe suponer que su desempeño en el resto de la zona también es bueno.

Las figuras número 43 y 44 muestran los patrones de viento según el modelo WRF a las 17:00 y las 05:00 hrs., que se consideran horas representativas de los patrones durante el día y la noche, respectivamente.

Durante el día, en todo el dominio se observan vientos más fuertes. Esto se debe al forzamiento radiativo, que produce vientos desde los valles hacia las montañas (vientos anabáticos). La dirección de viento es en general y según la topografía local, del sur, suroeste u oeste. En la zona cordillerana estos patrones se ven perturbados por la compleja topografía del lugar.

Durante la noche los vientos anabáticos, ladera arriba, se cancelan, dando lugar a vientos katabáticos, que descienden por las laderas. Sin embargo, por lo general estos vientos descendentes son de menor intensidad que los observados durante el día, y en la mayoría de los casos no logran perturbar al forzante general. Debido a lo anterior, en la mayoría de los valles no se ven grandes diferencias en el patrón de viento de la simulación nocturna con respecto a la diurna, a excepción de lo que ocurre en algunas zonas cordilleranas (Andes o Costa), en donde la dirección del viento cambia. En general se observa que la intensidad del viento durante la noche es menor que la del día. Estos vientos débiles indican en general una atmósfera estable. Son precisamente estas situaciones con vientos débiles y una atmósfera estable las que inhiben la dispersión de contaminantes.

Figura 43: Patrón de viento según WRF a las 17:00 horas.

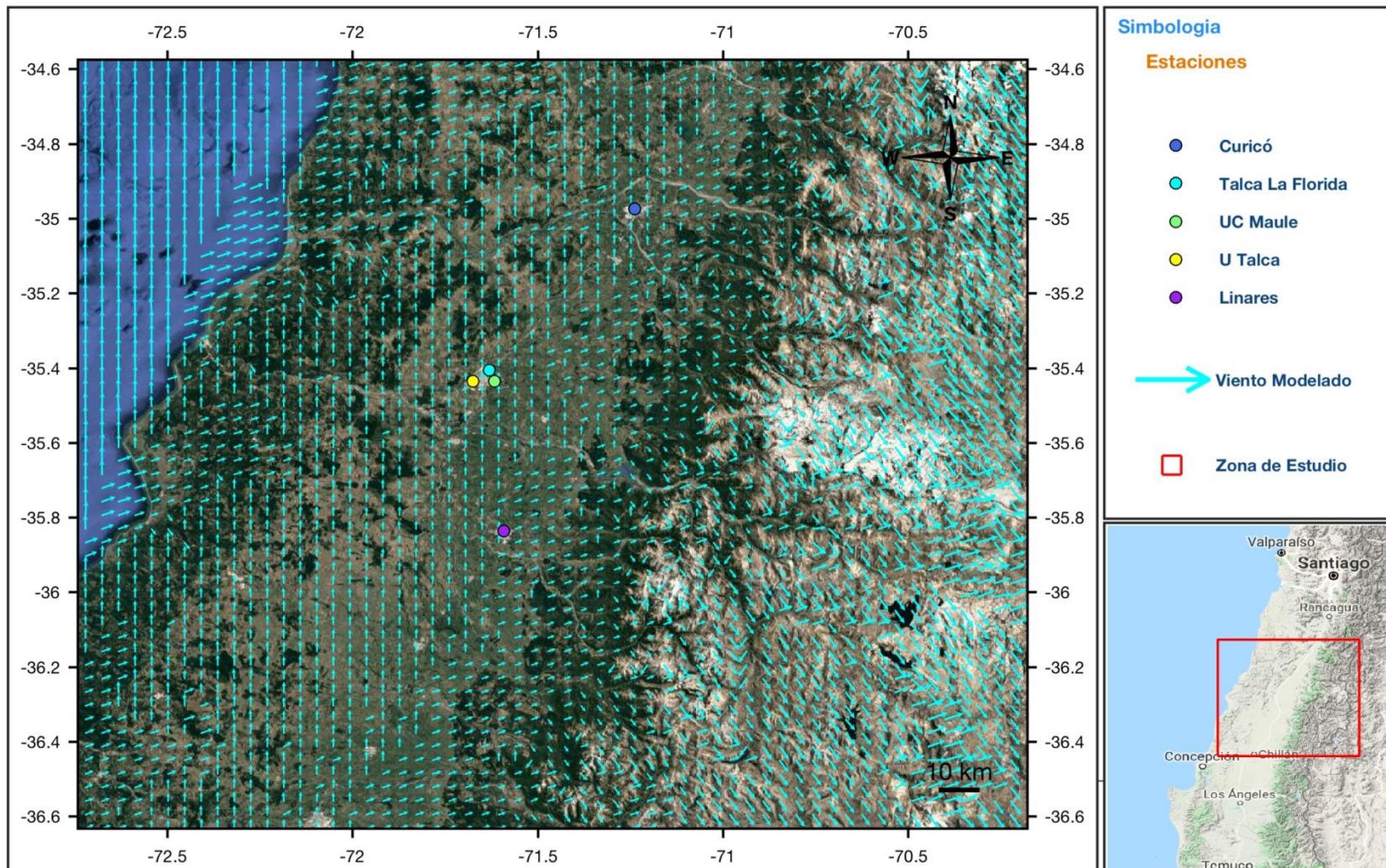
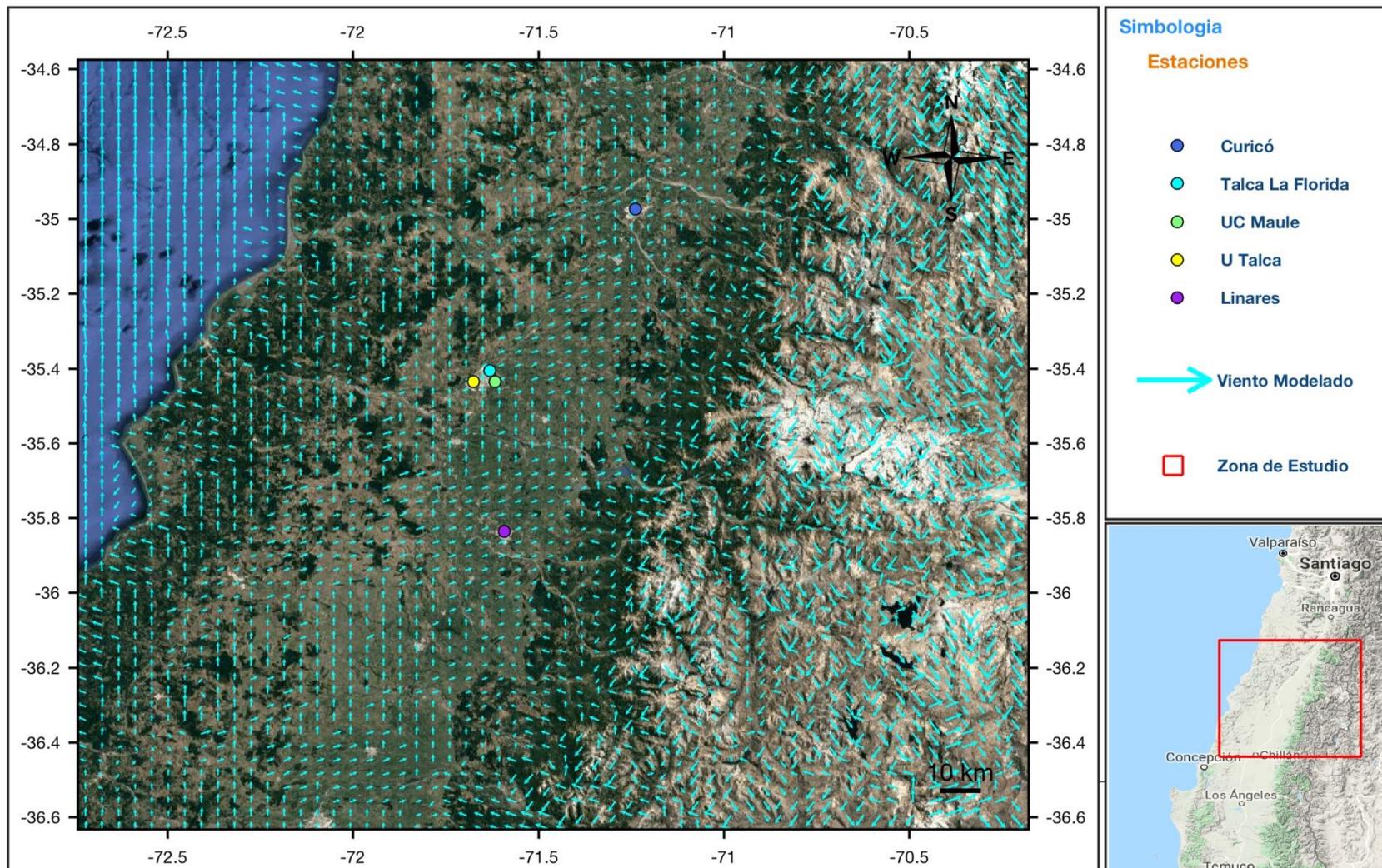


Figura 44: Patrón de viento según WRF a las 05:00 horas





6.3.3 Emisiones

Tal como se ha mencionado anteriormente, la otra información de entrada para la modelación de la dispersión, aparte de la meteorología, son las emisiones. Para las simulaciones de este trabajo se usaron las estimaciones que se incluyen a continuación.

El modelo Calpuff distingue entre emisiones areales (cuyas ubicaciones se describen a través de polígonos), lineales y puntuales. Las fuentes areales en este caso son: incendios, agricultura, rurales, urbanos y leña. Las fuentes lineales son las móviles y las puntuales las fuentes fijas.

Dado que no se contempla una temporalidad de las emisiones, no se incluyeron los incendios en la modelación. También, dentro de este proyecto la modelación se limitó a la modelación de dispersión sin fotoquímica por lo que sólo se consideraron los contaminantes MP10 y MP2,5 con el fin de delimitar la zona saturada por material particulado. Considerando estos aspectos se puede ver que dominan por lejos las emisiones dentro de las ciudades (emisiones urbanas dentro de las cuales la combustión residencial de leña predomina). Además, estas fuentes están muy restringidas dentro de sus respectivos límites urbanos. Las fuentes agrícolas, rurales y móviles se distribuyen mucho más espacialmente.

Tabla 55: Total de Emisiones ton/año (sin incendios forestales)

GRUPO	MP10	MP2,5	CO	COV	SO2	NOx	NH3	CO2
FUENTES AREALES	11.430,07	10.653,43	186.461,34	150.601,50	123,57	2.093,45	3.943,13	956.290,58
FUENTES FIJAS	1.324,91	1.062,06	39.528,26	598,73	4.051,44	15.910,78	829,19	10.439.188,68
FUENTES MÓVILES	739,45	733,98	46.630,20	6.036,29	33,11	13.672,63	157,22	2.431.408,13
POLVO FUGITIVO	2.201,56	379,68						
TOTAL	15.695,99	12.829,15	272.619,79	157.236,52	4.208,12	31.676,86	4.929,55	13.826.887,39



Tabla 56: Contribución relativa de fuentes % (sin incendios forestales)

GRUPO	MP10	MP2,5	CO	COV	SO2	NOx	NH3	CO2
FUENTES AREALES	72,82%	83,04%	68,40%	95,78%	2,94%	6,61%	79,99%	6,92%
FUENTES FIJAS	8,44%	8,28%	14,50%	0,38%	96,28%	50,23%	16,82%	75,50%
FUENTES MÓVILES	4,71%	5,72%	17,10%	3,84%	0,79%	43,16%	3,19%	17,58%
POLVO FUGITIVO	14,03%	2,96%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
TOTAL	100,00%							

6.3.4 Línea de Base

En esta sección se incluyen las tablas con las líneas base de MP10 y MP2,5 para las distintas estaciones consideradas en este trabajo (datos medidos en las estaciones).

En el caso de la Estación Curicó (tablas 57 y 58), se observa que para el MP10 (tabla 57), tanto el promedio como el percentil 98 se encuentran bajo la norma, aunque en latencia. En cuanto al MP2,5 (tabla 58), tanto el promedio como el percentil 98 superan la norma.

Tabla 57: Línea base Curicó, MP10.

Línea Base Curicó MP10 [ug/m3N]				
Año	Promedio	% Norma	Percentil 98	% Norma
2013	53,2	106	131,5	88
2014	51,0	103	134,9	90
2015	56,0	111	143,6	96
2016	47,1	95	133,0	89
2017	42,1	84	117,8	79
2018	44,3	89	132,1	88
LB Actual	44,5	89	132,1	88

Tabla 58: Línea base Curicó, MP2,5.

Línea Base Curicó MP2,5 [ug/m3N]				
Año	Promedio	% Norma	Percentil 98	% Norma
2013	33,7	169	121,3	243
2014	27,5	136	90,9	182
2015	24,8	122	77,7	155
2016	28,5	142	99,2	198
2017	24,7	123	91,7	183
2018	27,9	140	117,5	235
LB Actual	27,0	135	117,5	235

En el caso de la estación La Florida (tablas 59 y 60), se observa que para el MP10 (tabla 59), el promedio se mantiene por debajo de la norma, aunque en latencia, mientras que el percentil 98 la supera. En cuanto al MP2,5 (tabla 60), para esta estación se comprueba que tanto el promedio como el percentil 98 superan la norma.

Tabla 59: Línea base Talca La Florida, MP10.

Línea Base Talca La Florida MP10 [ug/m3N]				
Año	Promedio	% Norma	Percentil 98	% Norma
2014	55,0	110	162,5	108
2015	62,6	125	195,2	130
2016	55,0	110	151,0	101
2017	45,5	91	155,6	104
2018	47,1	94	160,0	107
LB Actual	49,2	98	160,0	107



Tabla 60: Línea base Talca La Florida, MP2,5.

Línea Base Talca La Florida MP2,5 [ug/m3N]				
Año	Promedio	% Norma	Percentil 98	% Norma
2014	32,6	163	136,1	272
2015	31,9	160	131,2	262
2016	33,7	168	119,2	238
2017	24,5	122	118,0	236
2018	33,8	169	135,4	271
LB Actual	30,7	153	135,4	271

En el caso de la Estación Universidad Católica del Maule (tablas 61 y 62), se observa para el MP10 (tabla 61) que el promedio de las concentraciones está por debajo de la norma, al igual que el percentil 98. En cuanto al MP2,5 (tabla 62), se tiene que tanto el promedio como el percentil 98 superan la norma.

Tabla 61: Línea base UC Maule, MP10.

Línea Base UC Maule MP10 [ug/m3N]				
Año	Promedio	% Norma	Percentil 98	% Norma
2013	44,7	89	114	76
2014	41,8	84	115	77
2015	39,4	79	98	65
2016	35,3	71	87	58
2017	40,1	80	102	68
2018	35,1	70	99	66
LB Actual	36,8	74	99	66

Tabla 62: Línea base UC Maule, MP2,5.

Línea Base UC Maule MP2,5 [ug/m3N]				
Año	Promedio	% Norma	Percentil 98	% Norma
2014	21,7	109	71	141
2015	22,9	114	77	153
2016	19,9	99	70	139
2017	20,3	101	85	169
2018	22,7	114	81	162
LB Actual	21,0	105	81	162

En el caso de la Estación Universidad de Talca (tablas 63 y 64), para el MP10 (tabla 63), se observa que el promedio está por debajo de la norma, al igual que el percentil 98. En cuanto al MP2,5 (tabla 64), el promedio está en latencia, mientras que el percentil 98 supera la norma.

Tabla 63: Línea base U Talca, MP10.

Línea Base U Talca MP10 [ug/m3N]				
Año	Promedio	% Norma	Percentil 98	% Norma
2013	50,9	102	132	88
2014	44,0	88	99	66
2015	51,5	103	117	78
2016	43,5	87	106	71
2017	36,8	74	107	71
2018	39,6	79	99	66
LB Actual	39,9	80	99	66



Tabla 64: Línea base U Talca, MP2,5.

Línea Base U Talca MP2,5 [ug/m3N]				
Año	Promedio	% Norma	Percentil 98	% Norma
2013	29,2	146	90	180
2014	18,3	91	63	126
2015	18,6	93	70	140
2016	18,9	95	71	141
2017	16,5	83	89	177
2018	20,5	103	87	175
LB Actual	18,7	93	87	175

Finalmente, en el caso de la estación Linares (tabla 65), que considera únicamente datos de MP2,5, se observa que tanto el promedio como el percentil 98 superan la norma.

Tabla 65: Línea base Linares, MP2,5.

Línea Base Linares MP2,5 [ug/m3N]				
Año	Promedio	% Norma	Percentil 98	% Norma
2016	31,8	159	121,3	243
2017	28,0	140	90,9	182
2018	35,8	179	77,7	155
LB Actual	31,9	159	77,7	155



6.3.5 Simulaciones de dispersión

La presente sección da cuenta de los resultados obtenidos al modelar la dispersión atmosférica de las concentraciones de MP10 y MP2,5 que son producto de las emisiones de las diversas fuentes en la región del Maule.

6.3.5.1 Aportes

Mediante la aplicación del modelo CALPUFF fue posible obtener las concentraciones de material particulado, basándose en los campos de viento generados por la modelación meteorológica realizada con WRF. Dadas las diferencias observadas entre el campo de viento simulado y el observado, provocado probablemente por la extensa zona simulada y la baja resolución de la grilla utilizada (2 km), fue necesario ajustar los resultados originales de la simulación (tabla 66) a los observados por medio de un factor. Este factor se utiliza para dar cuenta del efecto que el viento tiene sobre la dispersión al controlar la dilución inicial del contaminante en la fuente. A mayor el viento, mayor dilución desde la fuente, y menores las concentraciones simuladas. Dado que en este caso la modelación sobreestimó el valor del viento en la mayoría de los casos, al momento de simular la dispersión se favoreció la dilución y se redujeron las concentraciones simuladas, por lo que el factor de corrección necesario es superior a uno (2,0 para MP10 y 1,5 para MP2,5, tabla 66). Junto con lo anterior, es también importante señalar que, dado que las diferencias entre la modelación y los datos observados se producen principalmente por incertidumbres asociadas a la meteorología y a las emisiones, los factores de corrección fueron obtenidos en relación a los datos observados con el fin de abarcar ambas incertidumbres. Es decir, al comparar los resultados medidos con los simulados fue posible determinar el factor de corrección necesario para simular correctamente las concentraciones medidas en las diferentes estaciones, con el objetivo de que esa misma corrección sea aplicable al resto del dominio de interés.

Tabla 66: Concentraciones sin corregir [ug/m³N] en cada estación considerada.



Receptores	MP10		MP2,5	
	Prom	Prc 98	Prom	Prc 98
Curicó	18,5	40,5	16,7	36,8
Talca La Florida	24,8	73,5	21,2	63,3
UC Maule	18,4	53,6	15,3	44,8
U Talca	24,6	74,6	21,5	65,8
Linares	19,0	43,8	17,3	40,1

Tabla 67: Factores de corrección.

Factor MP10	Factor MP2,5
2,0	1,5

Las tablas 68 y 69 presentan los valores corregidos de las concentraciones resultantes de la modelación en las diferentes estaciones consideradas y el porcentaje que estas constituyen de la normativa vigente para MP10 y MP2,5.

Tabla 68: Concentraciones corregidas [ug/m3N] en cada estación considerada.

Receptores	MP10		MP2,5	
	Prom	Prc 98	Prom	Prc 98
Curicó	37,0	81,0	25,0	55,2
Talca La Florida	49,6	147,0	31,8	94,9
UC Maule	36,9	107,3	22,9	67,2
U Talca	49,2	149,1	32,2	98,7
Linares	38,0	87,6	25,9	60,2

Tabla 69: Relación porcentual entre las concentraciones corregidas y la normativa vigente, Porcentaje de Norma [%].



Receptores	MP10		MP2,5	
	Prom	Prc 98	Prom	Prc 98
Curicó	73,9	54,0	125,0	110,4
Talca La Florida	99,2	98,0	159,0	189,8
UC Maule	73,7	71,5	114,7	134,5
U Talca	98,4	99,4	161,2	197,3
Linares	76,1	58,4	129,5	120,4

Para MP10 se puede observar que la normativa vigente para el promedio anual no se encuentra superada en ninguna de las estaciones, aunque tanto Talca La Florida como U Talca están muy próximas al límite, en latencia. Lo mismo ocurre para el percentil 98 diario.

En el caso de MP2,5 se puede ver que para todas las estaciones se encuentra superada la normativa vigente tanto para el promedio anual como para el percentil 98 diario.

6.3.5.2 Iso-líneas de concentración

A continuación, se presentan las iso-concentraciones obtenidas en la modelación para MP10 (figuras 45 y 46) y MP2,5 (figuras 47 y 48).

En primer lugar, se puede observar que los patrones de dispersión para ambos variables son muy similares, salvo que las concentraciones de MP10 son ligeramente más altas que las de MP2,5, lo que provoca que existan más contornos de MP10 que de MP2,5. En particular en el rango bajo, $2 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, existe un contorno mucho más extenso en MP10 que en MP2,5. En segundo lugar, una de las características llamativas de esos patrones son las iso-concentraciones más bien circulares alrededor de los centros urbanos. Existen dos explicaciones para este fenómeno:

- 1) La situación meteorológica que causa las mayores concentraciones es durante la tarde/noche con vientos débiles y una atmósfera estable. Estos vientos débiles

hacen que no se generen patrones alargados, sino que más bien bajo estas situaciones de calma los contaminantes se acumulan cerca de sus fuentes.

- 2) Las fuentes que dominan por lejos son las que se ubican dentro de los límites urbanos. Y debido a que, tal como se mencionó en el punto anterior, los contaminantes se acumulan cerca de sus fuentes, son justamente estos centros urbanos los que dominan también en esas figuras.

Figura 45: Iso-líneas para el promedio anual de MP10.

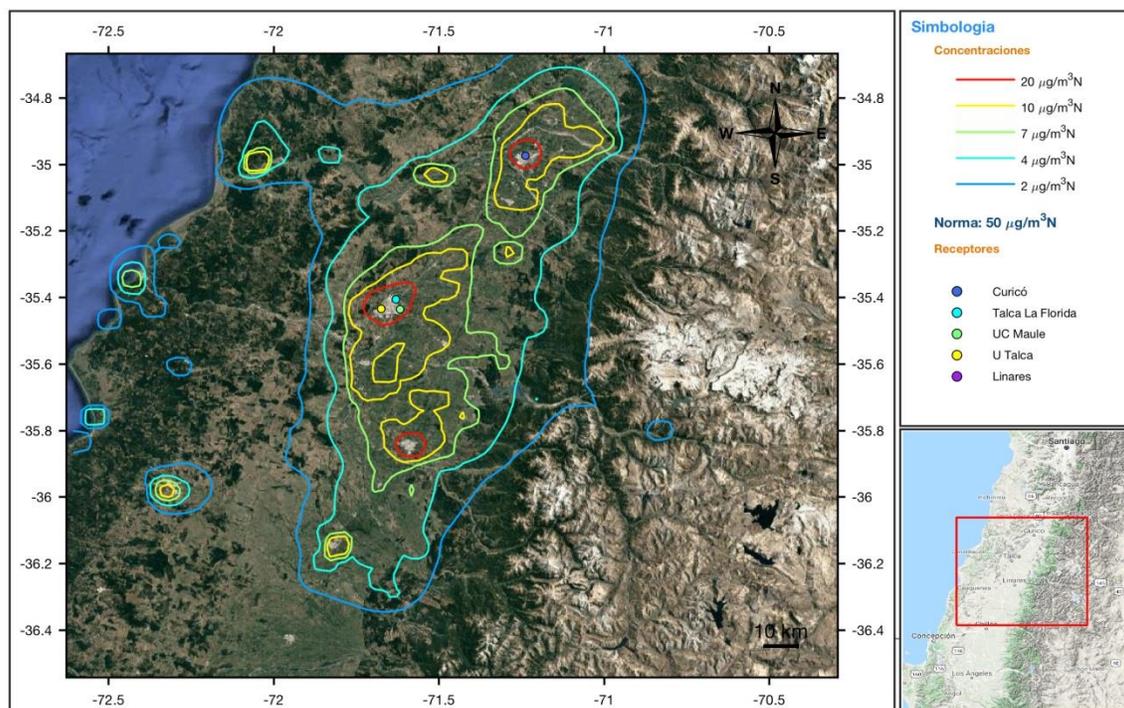


Figura 46: Iso-líneas para el percentil 98 diario de MP10.

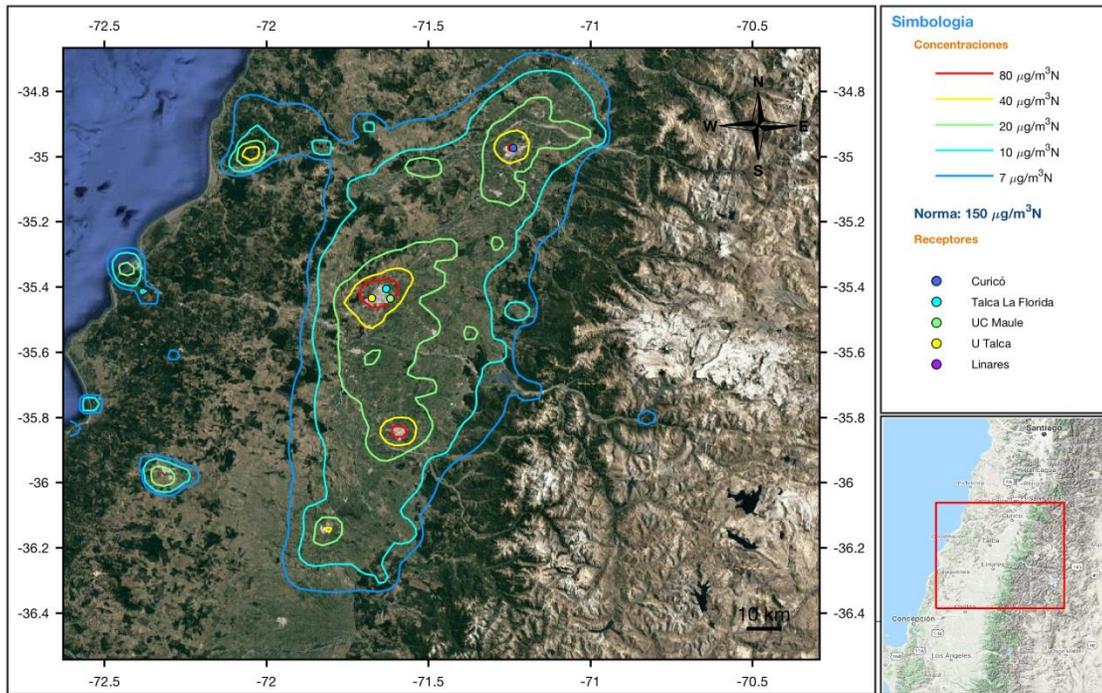


Figura 47: Iso-líneas para el promedio anual de MP2,5.

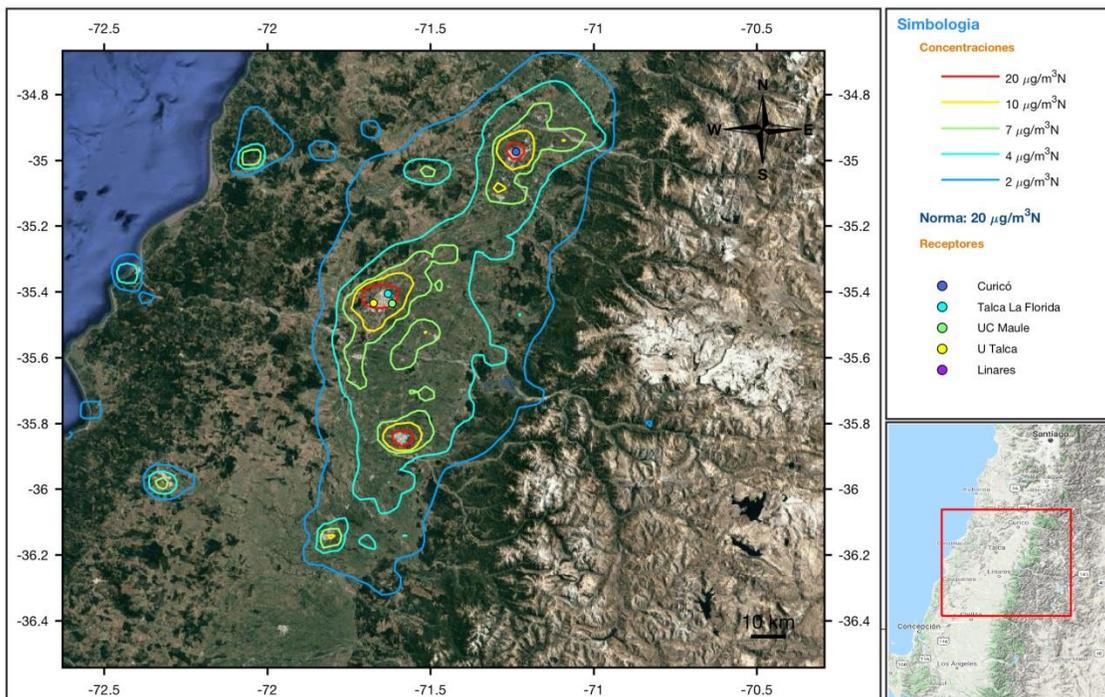
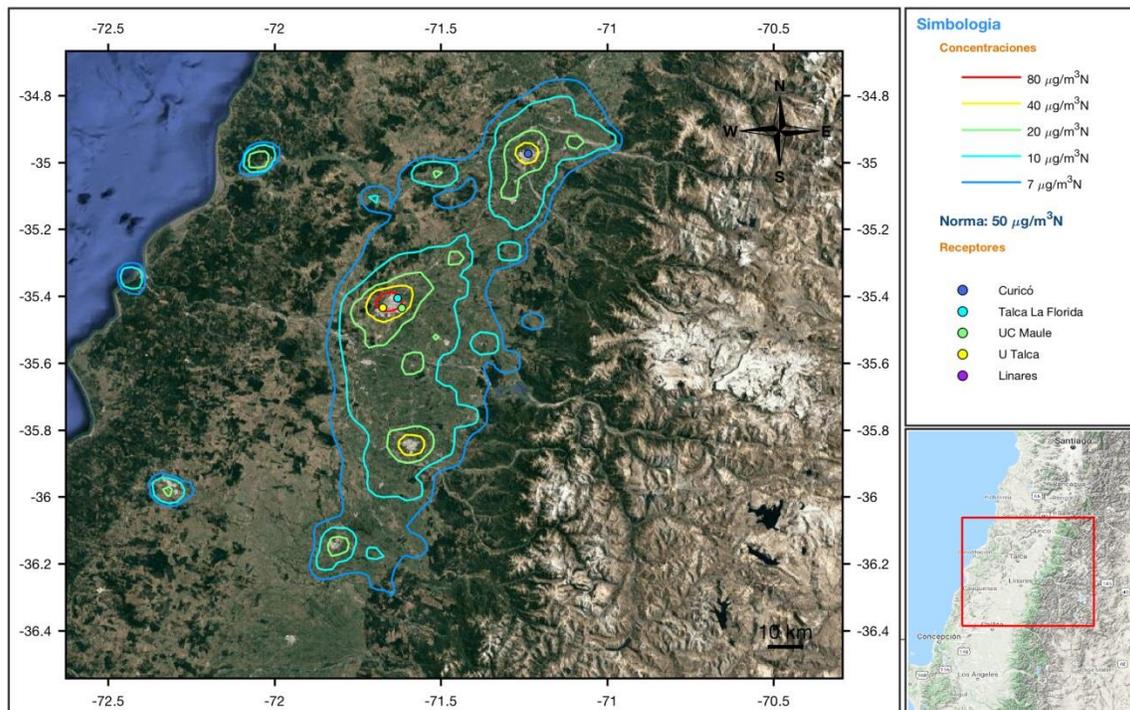


Figura 48: Iso-líneas para el percentil 98 diario de MP2,5.



Análisis de incertidumbres

El objetivo de un análisis de incertidumbre es poner en contexto los resultados de las simulaciones de dispersión con los errores del modelo meteorológico. De esta manera, se apunta a evaluar posibles sobre o subestimaciones del modelo de dispersión. Las posibles fuentes de error en este sentido son las siguientes:

- 1) Errores debido al modelo meteorológico
En la sección 2 se hizo una evaluación del modelo WRF. Según las características presentadas en esa sección se debe concluir que las incertidumbres a raíz del modelo meteorológico son pequeñas.
- 2) Incertidumbres en las emisiones
Es evidente que cualquier inventario de emisiones se asocia con incertidumbres. No obstante, por el esfuerzo dentro de este proyecto también se debe concluir que se trata de la mejor estimación y la menor incertidumbre posible.
- 3) Errores del propio modelo de dispersión



Este punto ya fue mencionado en la sección 5.1. También en este caso, puede haber incertidumbres, pero tampoco se consideran significativas

En este sentido, se estima que las incertidumbres de la modelación son lo suficientemente bajas para poder llegar a una recomendación válida de la delimitación de la zona saturada, lo que se realiza a continuación.



6.4 Objetivo d) Propuesta de delimitación del área saturada/latente para MP2.5.

En las figuras número 49 y 50 se presentan las iso-concentraciones promedio para MP10 y MP2,5 respectivamente y en ambos gráficos la línea naranja representa la línea saturada. Debido a que tanto para MP10 como MP2,5 la extensión de las concentraciones es muy similar, se decidió proponer la misma delimitación de zona saturada para ambos contaminantes.

Los criterios de la delimitación propuesta son los siguientes:

- La zona delimitada se encuentra en el valle central e incluye las zonas con las más altas concentraciones
- Coincide con el isocontorno que considera la mayor parte del valle central
- Las zonas delimitadas para MP10 y MP2,5 son coincidentes

Finalmente, en la figura 51 se presenta la zona saturada propuesta, ajustada a los límites administrativos de la Región y cuyo mapa también incluye la distribución político-administrativa de la región.

A continuación, se presentan tablas con antecedentes de la zona saturada para MP2,5 y MP10.

Tabla 70: Superficie de la Zona Saturada MP10 y MP2,5 en km²

Superficie Zona Saturada* (km ²)	Superficie Región ** (km ²)	Porcentaje Superficies Zona Saturada respecto a Superficie Región
8.678,88	30.324,22	28,62%

*: Superficies regionales, provinciales y comunales, calculadas mediante herramientas de geoprocésamiento en Arcgis y shapés descargados desde el IDE MMA.

** : Superficies zona saturada, calculadas mediante herramientas de geoprocésamiento en Arcgis y shapés obtenidos desde programas de modelación y ajustados al límite regional.

Tabla 71: Provincias consideradas en Zona Saturada de MP10 y MP2,5

Provincia	Área Total (km ²)	Área Zona Saturada (km ²)	Porcentaje Superficie Provincial Zona Saturada respecto a Superficie Provincial
TALCA	9.928,88	2.903,45	29,24%
CAUQUENES	3.023,27	N/A	0,00%
CURICÓ	7.289,66	2.473,93	33,94%
LINARES	10.082,41	3.301,51	32,75%

N/A: Corresponden las Provincias que no estan dentro de la zona saturada.

Tabla 72: Comunas consideradas en Zona Saturada de MP10 y MP2,5

Comuna	Área Total (km ²)	Área Zona Saturada (km ²)	Porcentaje Superficie Comunal Zona Saturada respecto a Superficie Comunal
TALCA	231,84	231,84	100,00%
CONSTITUCION	1.340,75	N/A	0,00%
CUREPTO	1.070,49	54,78	5,12%
EMPEDRADO	566,30	N/A	0,00%
MAULE	237,37	228,31	96,18%
PELARCO	330,11	330,11	100,00%
PENCAHUE	955,20	514,64	53,88%
RIO CLARO	433,13	403,17	93,08%
SAN CLEMENTE	4.499,30	876,22	19,47%
SAN RAFAEL	264,37	264,37	100,00%
CAUQUENES	2.128,46	N/A	0,00%
CHANCO	526,47	N/A	0,00%
PELLUHUE	368,34	N/A	0,00%
CURICO	1.333,00	448,89	33,67%
HUALANE	629,89	200,25	31,79%
LICANTEN	273,71	N/A	0,00%
MOLINA	1.516,92	369,84	24,38%
RAUCO	305,43	285,06	93,33%
ROMERAL	1.605,50	211,36	13,17%
SAGRADA FAMILIA	552,58	552,58	100,00%
TENO	621,05	405,95	65,36%
VICHUQUEN	451,59	N/A	0,00%
LINARES	1.468,93	466,14	31,73%
COLBUN	2.928,20	486,90	16,63%
LONGAVI	1.454,28	626,35	43,07%
PARRAL	1.637,80	463,26	28,29%
RETIRO	827,80	444,83	53,74%
SAN JAVIER	1.316,79	365,42	27,75%
VILLA ALEGRE	189,59	189,59	100,00%
YERBAS BUENAS	259,03	259,03	100,00%

N/A: Corresponden las Comunas que no estan dentro de la zona saturada.



Tabla 73: Limites de Zona Saturada de MP10 y MP2,5

Sentido	Coordenadas UTM, H19, WGS84
Oeste	239.565,1515
Este	323.998,2640
Norte	6.148.489,3517
Sur	5.970.071,5800

Las coordenadas de todos los vértices de ambos polígonos de zona saturada serán entregadas en el anexo digital, en el archivo denominado “Polígonos_Zona_Saturada.rar” el cual contiene archivos shapes con los polígonos de zona saturada y vértices de los polígonos con sus respectivas coordenadas UTM.

Figura 49: Propuesta para la delimitación de zona saturada para MP10

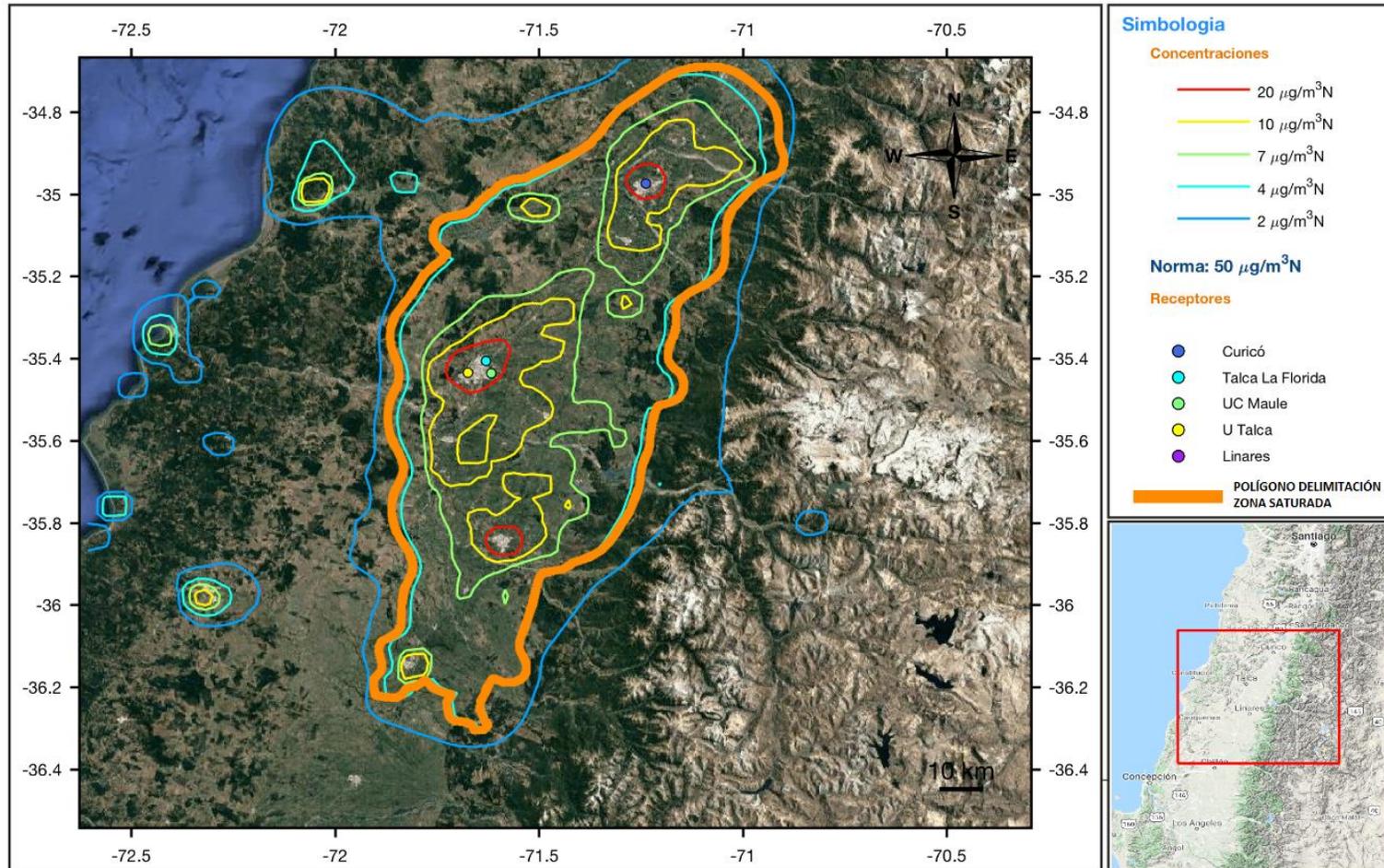
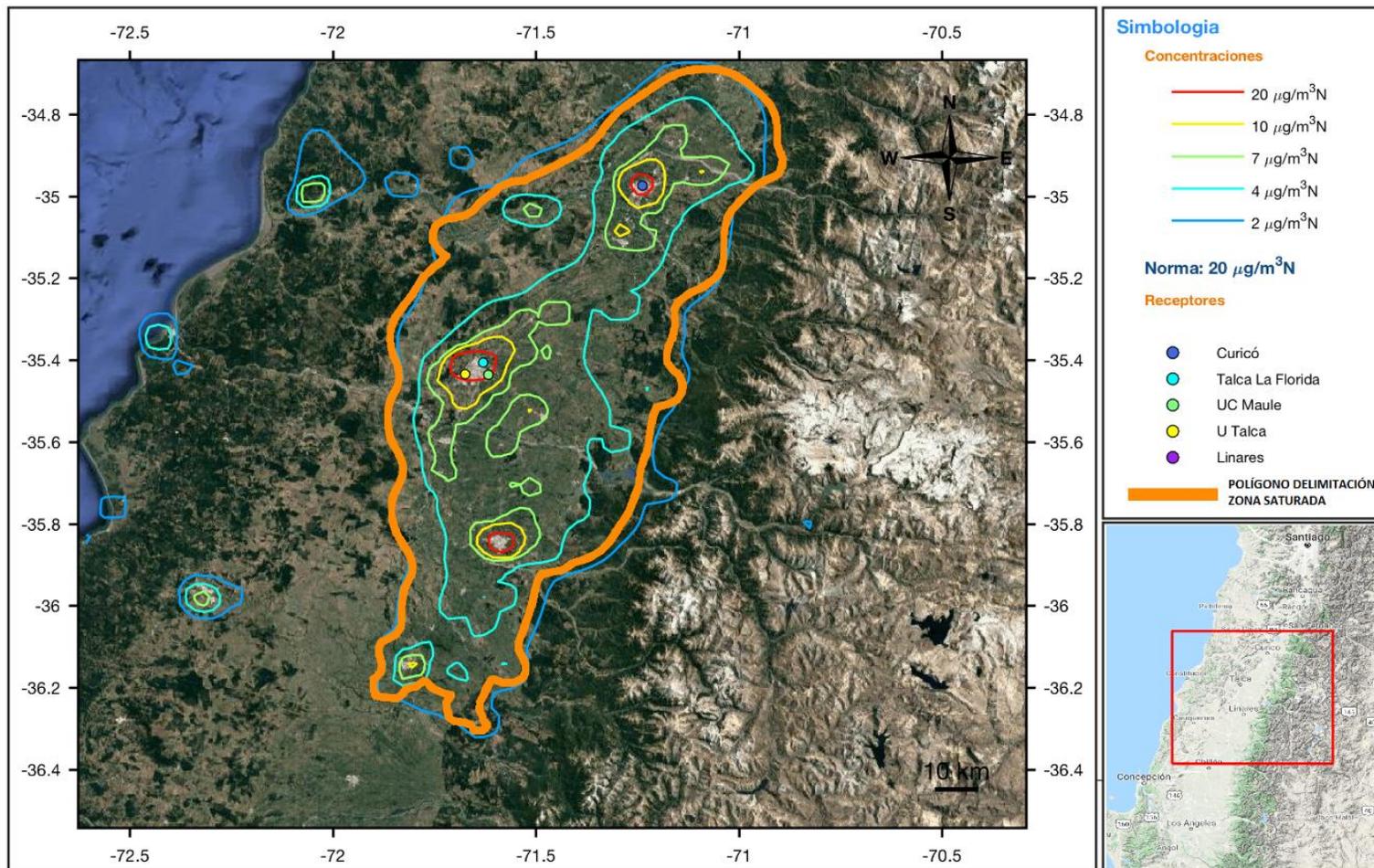


Figura 50: Propuesta para la delimitación de zona saturada para MP2,5





7. Anexo 1: Contenido Digital

- 1) Resumen_Estudios_Revisados.rar: Contiene tres documentos formato Word (.docx) para cada estudio revisado, en que se incluyen una compilación de los principales resultados, conclusiones y recomendaciones de los estudios revisados.
- 2) Factores_Emision_FM_COPERT.rar: Contiene la base de datos de factores de emisión que utiliza SECTRA para el cálculo de las emisiones de fuentes móviles.
- 3) Compromisos_Ambientales_SEIA.rar: Contiene un resumen de los Compromisos ambientales adquiridos por las fuentes emisoras en el marco del SEIA, para todos los proyectos ingresados durante el periodo 2013- 2018, con estado aprobado y que tengan una RCA.
- 4) Inventario_2017.rar: Contiene todas las planillas Excel con los cálculos de emisiones considerados en el inventario de emisiones año base 2017, el resumen de las emisiones se encuentra en el archivo:
 - Estructura_inv_maule_2017_corr_v4.xlsx
- 5) Inventario_2032.rar: Contiene todas las planillas Excel con los cálculos de emisiones considerados en el inventario de emisiones proyectado al año 2032, para los escenarios conservador y optimista, el resumen de las emisiones se encuentra en los archivos:
 - Estructura_inv_maule_(2032c)_corr_v3.xlsx
 - Estructura_inv_maule_(2032o)_corr_v3.xlsx
- 6) Presentaciones.rar: Contiene todas las presentaciones de los informes de avance1, 2 y 3.
- 7) Calidad_Inventario_Emisiones.rar: Contiene planilla Excel con detalle de calidad de niveles de actividad, factores de emisión y emisiones. Para fuentes puntuales contiene hoja detallada con calidad a nivel de fuente.
- 8) Inventario_2017_cuatrimstral.rar: Contiene todas las planillas Excel con los cálculos de emisiones considerados en el inventario de emisiones año base 2017, desagregado cuatrimestralmente, el resumen de las emisiones por cuatrimestre se encuentra en el archivo:
 - Estructura_inv_maule_2017_corr_cuatrimstral_final3.xlsx
- 9) Sensibilidad_Inventario_Emisiones.rar: Contiene dos planillas Excel, una con el detalle del cálculo utilizado para la sensibilización máxima y mínima del inventario



de emisiones año base 2017 por tipo de fuente; y otra planilla Excel con el resumen de las emisiones sensibilizadas.

- 10) Seminario_Final: Contiene la presentación realizada para la difusión de los resultados del estudio, el día 16 de enero del año 2019 de 11:00 a 13:00 horas, en el “Salón de la Dirección de Desarrollo Comunitario de la I. Municipalidad de Linares” (DIDECO), ubicado en calle Freire N° 452 (2do. piso), Linares., Región del Maule. La carpeta incluye: acta del seminario, programa del seminario, lista de asistentes, registro fotográfico e informe ejecutivo. Actividad requerida según las bases del presente estudio.
- 11) Manual_MMA.rar: Contiene documento metodológico utilizado para la estimación de emisiones según tipo de actividad emisora, denominado “Manual para desarrollo de inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA.
- 12) Factores_Emision_FF_MINSAL.rar: Contiene la base de datos de factores de emisión para fuentes estacionarias puntuales a nivel CCF8, que utiliza MINSAL para el cálculo de las emisiones en el marco del RETC.
- 13) Polígonos_Zona_Saturada.rar: Contiene archivos shapes con los polígonos de zona saturada y vértices de los polígonos con sus respectivas coordenadas UTM, tanto para MP10 como para MP2,5.
- 14) Documentos_modelación.rar: Contiene Guía para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA, y sus anexos.



8. Anexo 2: Metodologías de Estimación de Emisiones

A continuación, se presentan las metodologías utilizadas para el cálculo de emisiones del inventario realizado, resaltar que el detalle de la aplicación de las metodologías según corresponda el tipo de fuente, se encuentra en las planillas Excel, todas contenidas dentro del anexo digital del presente informe en los archivos “Inventario_2017.rar” e “Inventario_2032.rar”.

Cabe destacar, que para la mayoría de las actividades emisoras las metodologías utilizadas provienen del estudio “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA, el cual se encuentra contenido en el anexo digital.

8.1 Metodología Estimación de Emisiones de Fuentes Estacionarias Puntuales

Para el caso de fuentes fijas se estimaron las emisiones para cada establecimiento y fuentes a través de una planilla Excel (modelo propio del consultor) en donde se encuentran referenciadas las fuentes los factores de emisión utilizados. Siempre se privilegiará la información en el siguiente orden: Medición continua, medición discreta y estimación de emisión.

Posteriormente con las emisiones se generaron indicadores técnicos, los que fueron sometidos a un proceso de validación. En este caso los errores también fueron sometidos a un proceso de evaluación y corrección.

La metodología se basa en los procedimientos de estimación de las emisiones atmosféricas, desarrolladas actualmente por el Ministerio de Salud (MINSAL) para el desarrollo del inventario de emisiones nacional y es la misma presentada en el estudio denominado “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA. En dicho manual se presentan los factores de emisión para la mayoría de las fuentes estacionarias puntuales, solo para las fuentes que no fue posible catalogar según dicho



manual (ya que no considera la totalidad de los procesos) fueron complementados con los factores que utiliza MINSAL por CCF8⁴.

Metodología General

La metodología general empleada para la estimación de emisiones atmosféricas de cualquier tipo de actividades es la siguiente:

$$E = fe * Na * \left[1 - \frac{Ea}{100} \right] \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

E: Emisión

Fe: Factor de emisión

Na: Nivel de actividad horario, semanal y mensual de la fuente estimada.

Ea: Eficiencia de abatimiento

Metodología en base a mediciones isocinéticas

Esta metodología es la misma reportada en “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA. La estimación de las emisiones se realiza con la siguiente ecuación:

$$Em_{i,j} \left[\frac{\text{ton}}{\text{año}} \right] = \frac{\text{Nivel de Actividad}_i \left[\frac{\text{hrs}}{\text{año}} \right] * \text{Caudal de salida}_i \left[\frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \right] * \text{Concentracion}_{i,j} \left[\frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \right]}{10^9 \left[\frac{\text{mg}}{\text{ton}} \right]}$$

Donde “i” es cada fuente y “j” corresponde a cada contaminante considerado.

⁴ CCF8: Código de Clasificación de Fuente, Nivel 8.



Para calcular las emisiones se deben contar con el nivel de actividad (horas de funcionamiento), el caudal de salida de los gases y la concentración de los contaminantes en los gases de salida.

Factores de emisión Fuentes Estacionarias Puntuales (Fuentes Fijas)

A continuación, se citan las fuentes de información base de donde se obtuvieron los factores de emisión utilizados para el cálculo de las emisiones mediante factor de emisión.

1. “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA, se utilizaron las siguientes secciones metodológicas y tablas:

2. Estimación de emisiones estacionarias

- 2.1 Puntual

- 2.1.1 Combustión

Tabla 2-2 Factores de emisión Calderas [kg/kg comb.]

Tabla 2-3 Factores de emisión contaminantes climáticos [kg/kg comb]

Tabla 2-6 Factores de emisión hormo [kg/kg comb.]

- 2.1.2 Combustión interna

Tabla 2-13 Factores de emisión grupos electrógenos

- 2.1.3 Proceso

Tabla 2-14 Factores de Emisión Proceso - Industria Alimentaria y Agropecuaria- Procesamiento de granos [kg/ton]

Tabla 2-15 Factores de emisión: Proceso- Industria de productos minerales- Fabricación de hormigón [kg/ton]

Tabla 2-20 Factores de emisión proceso- Industria de madera y papel - Aserraderos y fabricación de madera [kg/ton]

Tabla 2-21 Factores de emisión: Proceso- Industria de madera y papel - Fabricación de papel [kg/ton]

En algunos casos para poder aplicar el factor de emisión fue necesario utilizar la siguiente información referida al contenido de azufre del combustible:

Tabla 74. Contenido Azufre (%) de combustibles

Combustibles	Contenido Azufre (%)	Fuente	Nota	Estudio/ Link
Diésel	0,005	ENAP		https://www.enap.cl/pag/511/1574/diesel_gradob2
Petróleo N°6	3	ENAP, COPEC	1% en RM	https://ww2.copec.cl/combustibles/products/combustible-n5-n6
Petróleo N°5	3	COPEC	1% en RM	https://ww2.copec.cl/combustibles/products/combustible-n5-n6
Carbón	0,8	CNE	0,07- 0,5% dependiendo del origen	Revisión del Model de Precio de Pridad del Carbon Mineral a Chile, SCG Consultoría Limitada, Dic. 2012
Kerosene	0,01	ENAP		https://www.enap.cl/pag/116/1000/kerosene
GLP	0,015	ENAP		https://www.enap.cl/pag/118/1002/gases_licuados_de_petroleo

Supuesto típico para composición de GLP mezcla es 60% Propano - 40% Butano.

Tal como se mencionó anteriormente, para las fuentes que no fue posible asignarles un factor de emisión del “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA, se asignó el factor de emisión proveniente de la calculadora de emisiones MINSAL por CCF8, el detalle de estos factores se presenta en el anexo digital, específicamente el documento denominado “Factores_Emision_FF_MINSAL.rar”.

8.2 Metodología Estimación de Emisiones de Fuentes Estacionarias de Área (residenciales, comerciales, quemas e incendios y fuentes biogénicas).

8.2.1 Metodología Estimación de Emisiones de Combustión Residencial de Leña

La metodología Top Down utilizada para el cálculo de emisiones de leña es la propuesta por la EPA y a su vez es la misma que se presenta en el “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA, la cual consiste en multiplicar el consumo de leña por un factor de emisión másico por contaminante, es decir, emisión expresada en masa de contaminantes por masa de combustible quemado.



Factores de emisión Combustión Residencial de Leña

Los factores de emisión utilizados fueron los que reflejan de mejor manera la situación del contexto nacional, y corresponden a los utilizados en el estudio “ACTUALIZACIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS DE LAS COMUNAS DE TEMUCO Y PADRE LAS CASAS, AÑO BASE 2013” desarrollado por SICAM para la Seremi del medio ambiente, Región de la Araucanía y son los mismos presentados en el “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA. Al respecto estos factores de emisión reflejan las condiciones reales que caracterizan la combustión residencial en Chile. En específico, estos antecedentes han sido generados a través de mediciones efectuadas a partir del año 2010, en los Laboratorios de la Universidad Católica de Temuco, Universidad de Concepción y la empresa SERPRAM S.A. También fueron considerados algunos antecedentes reportados por el Laboratorio OMNI de EE.UU., que se obtuvieron de un servicio técnico de mediciones contratado por el Ministerio de Medio Ambiente, para la evaluación según protocolos de certificación, de 5 artefactos fabricados y/o comercializados en Chile.

Los factores de emisión utilizados son para tres condiciones: uso de leña seca, uso de leña húmeda y mala operación de los artefactos. Al respecto, el estudio de SICAM señala que si bien la distribución de calidad de leña generalmente se hace para tres condiciones (seca, semi-húmeda y húmeda), no existen estudios que permitan obtener una diferenciación de F.E. confiable entre leña semi-húmeda y leña húmeda, por lo que se consideró pertinente sumar la distribución asignada para estas categorías.

A continuación, se citan las fuentes de información base de donde se obtuvieron los factores de emisión utilizados para el cálculo de las emisiones asociadas a la Combustión Residencial de Leña.

1. “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA, se utilizaron las siguientes secciones metodológicas y tablas:
 2. Estimación de emisiones estacionarias
 - 2.2 Areales
 - 2.2.1 Combustión



Tabla 2-31 Factores de Emisión de MP10 para combustión residencial a leña [gr/kg de leña]

Tabla 2-32 Factores de Emisión de MP2,5 para combustión residencial a leña [gr/kg de leña]

Tabla 2-33 Factores de Emisión de CO para combustión residencial a leña [gr/kg de leña]

Tabla 2-34 Factores de Emisión de NOx para combustión residencial a leña [gr/kg de leña]

Tabla 2-35 Factores de Emisión de SO2 para combustión residencial a leña [gr/kg de leña]

Tabla 2-36 Factores de Emisión de COVs para combustión residencial a leña [gr/kg de leña]

Los Factores de Emisión de NH₃ y CO₂ fueron los mismos utilizados en la elaboración del Noveno Reporte Simple, debido a que los factores de emisión del “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA, no entrega factores de emisión para estos contaminantes.

Tabla 75: Factores de emisión NH₃ asignados a cada artefacto (g/kg).

Tipo de Artefacto	Leña seca	Leña húmeda	Mala operación
Cocina a leña	1747.2	1747.2	1747.2
Salamandra	1747.2	1747.2	1747.2
Combustión lenta S/T	1747.2	1747.2	1747.2
Combustión lenta C/T	1747.2	1747.2	1747.2
Chimenea	1747.2	1747.2	1747.2
Calefactor a Pellet	-	-	-
Calefactor certificado	1747.2	1747.2	1747.2
Nueva Tecnología	-	-	-

Tabla 76: Factores de emisión CO₂ asignados a cada artefacto (g/kg).

Tipo de Artefacto	Leña seca	Leña húmeda	Mala operación
Cocina a leña	1,1	1,1	1,1
Salamandra	1,1	1,1	1,1
Combustión lenta S/T	1,1	1,1	1,1
Combustión lenta C/T	1,1	1,1	1,1
Chimenea	1,1	1,1	1,1
Calefactor a Pellet	-	-	-



Tipo de Artefacto	Leña seca	Leña húmeda	Mala operación
Calefactor certificado	1,1	1,1	1,1
Nueva Tecnología	-	-	-

La metodología de estimación de consumo de leña a nivel comunal se realizó de la siguiente manera:

- Obtención de consumos de leña año 2017 a nivel regional en base a “Estudio CDT Año 2015”.
- Desagregación de consumos de leña regionales a nivel comunal en base a porcentajes de distribución, para ello se realizará lo siguiente:
 - Obtención de la población a nivel comunal mediante proyecciones vigentes del INE actualizada.
 - Obtención de la población a nivel regional subdividida en urbano-rural mediante proyecciones del INE.
 - Estimación de la población a nivel comunal subdividida en urbano-rural mediante proyecciones del INE.
 - Estimación del consumo per cápita de leña subdividido en urbano - rural a partir de encuesta CASEN 2013 a nivel comunal.
 - Estimación del porcentaje de personas que no consumen leña, subdividido en urbano - rural a partir de la encuesta CASEN 2013 a nivel comunal.
 - Estimación de consumos de leña a nivel comunal subdivididos en urbano y rural. Para esto se utilizará la población urbana – rural obtenida y los consumos per cápita obtenidos.
 - Obtención de porcentajes de distribución, en base a la estimación de consumos de leña a nivel comunal subdivididos en urbano y rural.
- Desagregación de los consumos regionales de leña 2017 a nivel comunal subdivididos en urbano y rural, utilizando los porcentajes de distribución comunales urbano y rural.

Finalmente, y de acuerdo los insumos presentados anteriormente, los cuales viene dados por los niveles de actividad, factores de emisión, además de algunas variables y parámetros



relevantes, las emisiones se determinaron al multiplicar el consumo anual de leña por un factor de emisión, de acuerdo con la siguiente expresión general:

$$E_{total\ ijkm\ pqh} = \sum (NA_{jkm\ pq} * FE_{ipqh}) / 1.000.000 \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

$E_{total\ ijkm}$: Emisiones en (ton/año) del contaminante i , para un año de evaluación j , para la comuna k , para el tipo de población m , para el tipo de artefacto p , para el tipo de operación q , para el tipo de humedad h .

NA_{jkm} : Nivel de actividad en (kg/año) para la comuna k , para un año de evaluación j , para el tipo de población m , para el tipo de artefacto p , para el tipo de operación q .

FE_{ijk} : Factor de emisión en (g/kg) del contaminante i , para el tipo de artefacto p , para el tipo de operación q , para el tipo de humedad h .

m : Tipo de población: urbano, rural.

p : Tipo de artefacto: cámara doble, cocina a leña, salamandra, cámara simple, equipo hechizo, chimenea, caldera a leña.

q : Tipo de operación: tiraje abierto, tiraje cerrado.

h : Tipo de humedad: leña humedad, leña seca.

8.2.2 Metodología de Estimación de Emisiones Quemadas Agrícolas.

La metodología que se utilizó como guía para la estimación de emisiones derivadas de las quemadas agrícolas es presentada en el “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA, y se basa en la metodología CARB (Agencia Ambiental de California) quien presentó en junio de 2005 una actualización metodológica respecto al cálculo de emisiones asociado a quemadas de residuos agrícolas, “Section 7.17 Agricultural Burning and Other Burning Methodology”.

La estimación de emisiones por quemadas agrícolas se obtiene de la siguiente ecuación:

$$E = S * FE * FC \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:



- E : Emisiones anuales [t/año].
- S : Superficie en hectáreas (ha) sometidas a quemas agrícolas.
- FE : Factor de emisión del contaminante considerado [t/t].
- FC : Factor de carga [t/ha].

Factores de emisión Quemias Agrícolas.

Los factores de emisión utilizados fueron los presentados en el “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA y a continuación, se citan las fuentes de información base de donde se obtuvieron los factores de emisión:

1. “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA, se utilizaron las siguientes metodológicas y tablas:

2. Estimación de emisiones estacionarias

2.2 Areales

2.2.1 Combustión

Tabla 2-47 Factores de emisión: Quemias Agrícolas y Forestales [ton/ton materia quemada]

Tabla 2-48 Factores de emisión contaminantes climáticos Quemias Agrícolas [ton/ton materia quemada]

Tabla 2-49 Cruce entre clases de cultivos indicados por CONAF y tipos de cultivos para factores de emisión

8.2.3 Metodología de Estimación de Emisiones Incendios Forestales

La metodología que se utilizó como guía para la estimación de emisiones derivadas de las quemias agrícolas es presentada en el “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA, y se basa en la metodología CARB (Agencia Ambiental de California) quien presentó en octubre de 2004, una actualización metodológica respecto al cálculo de emisiones, “Section 9.3, Wildfires, Revised Methodology”.



La estimación de emisiones por incendios forestales se obtiene de la siguiente ecuación:

$$E = S * FE * FC \quad \text{Ecuación 4}$$

Dónde:

- E : Emisiones anuales [t/año].
 S : Superficie en hectáreas (ha) consumidas por incendios forestales.
 FE : Factor de emisión del contaminante considerado [t/t].
 FC : Factor de carga [t/ha].

Factores de emisión Incendios Forestales

Los factores de emisión utilizados fueron los presentados en el “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA y a continuación, se citan las fuentes de información base de donde se obtuvieron los factores de emisión:

1. “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA, se utilizaron las siguientes metodológicas y tablas:
 2. Estimación de emisiones estacionarias

2.2 Areales

2.2.1 Combustión

Tabla 2-42 Factores de emisión Incendios forestales [kg/kg materia quemada]

Tabla 2-43 Factores de emisión contaminantes climáticos Incendios forestales [kg/kg materia quemada]

Tabla 2-44 Carga orgánica por tipo de bosque [ton/ha]

8.2.4 Metodología de Estimación de Emisiones Cigarrillos

La metodología que se utilizó como guía para la estimación de emisiones derivadas de la Combustión de Cigarrillos es la del “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA.



Factores de emisión Combustión Cigarrillos

Los factores de emisión utilizados fueron los presentados en el “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA y a continuación, se citan las fuentes de información base de donde se obtuvieron los factores de emisión:

1. “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA, se utilizaron las siguientes secciones metodológicas y tablas:
 2. Estimación de emisiones estacionarias

2.2 Areales

2.2.1 Combustión

Tabla 2-40 Factor de emisión: Cigarros [mg/cigarro]

8.2.5 Metodología de Estimación de Fabricación de Ladrillos

La metodología que se utilizó como guía para la estimación de emisiones derivadas de la Fabricación de Ladrillos es la del “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA.

Factores de emisión Fabricación de Ladrillos

Los factores de emisión utilizados fueron los presentados en el “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA y a continuación, se citan las fuentes de información base de donde se obtuvieron los factores de emisión:

1. “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA, se utilizaron las siguientes metodológicas y tablas:
 2. Estimación de emisiones estacionarias

2.2 Areales



2.1.3 Proceso

Tabla 2-16 Factores de Emisión Proceso - Industria de productos minerales –
Producción de Ladrillos

8.2.6 Metodología de Estimación de Emisiones Incendios Urbanos

La metodología que se utilizó como guía para la estimación de emisiones derivadas de Incendios Urbanos es la del “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA.

Factores de emisión Combustión Cigarrillos

Los factores de emisión utilizados fueron los presentados en el “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA y a continuación, se citan las fuentes de información base de donde se obtuvieron los factores de emisión:

1. “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA, se utilizaron las siguientes secciones metodológicas y tablas:
2. Estimación de emisiones estacionarias

2.2 Areales

2.2.1 Combustión

Tabla 2-45 Factores de emisión: Incendios Urbanos

8.2.7 Metodología de Estimación de Emisiones Fuentes de Combustión Residencial de GLP, GN, GC y Kerosene

La metodología que se utilizó como guía para la estimación de emisiones derivadas de la Combustión Residencial de GLP, GN, GC y Kerosene es la del “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA.



Factores de emisión Combustión Residencial de GLP, GN y Kerosene

Los factores de emisión utilizados fueron los presentados en el “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA y a continuación, se citan las fuentes de información base de donde se obtuvieron los factores de emisión:

1. “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA, se utilizaron las siguientes secciones metodológicas y tablas:
 2. Estimación de emisiones estacionarias

2.2 Areales

2.2.1 Combustión

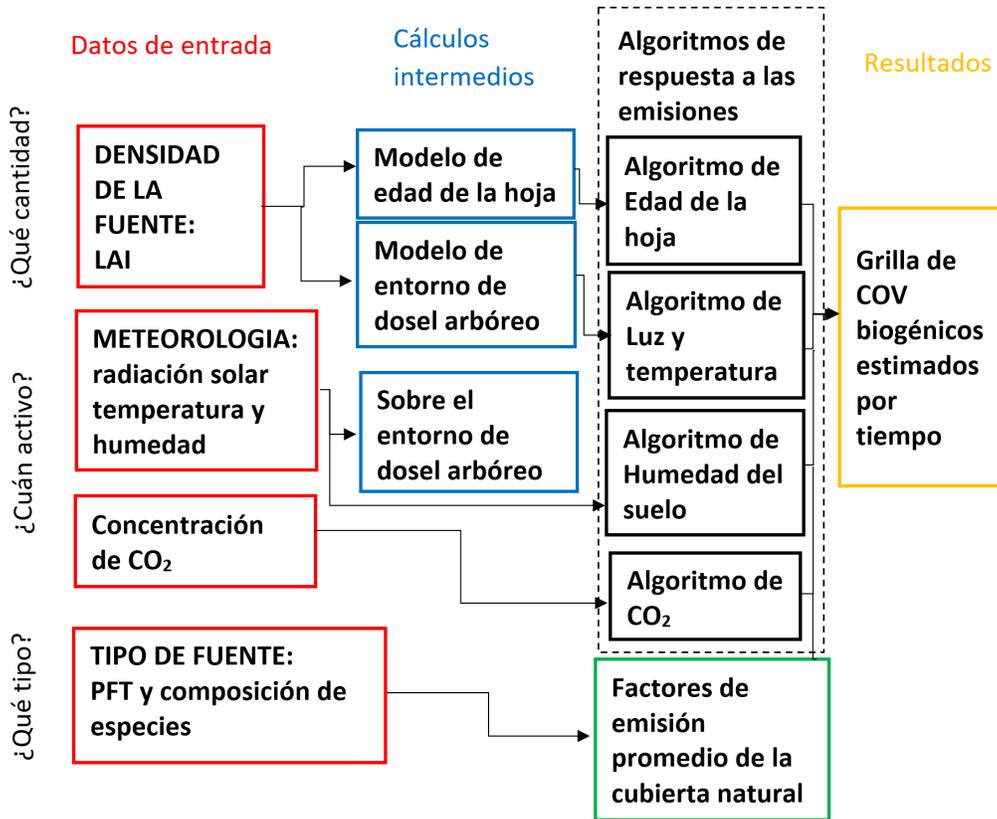
Tabla 2-39 Factores de emisión: Calefactor - Otros combustibles

8.2.8 Metodología de Estimación de Emisiones Biogénicas

Las emisiones de compuestos orgánicos volátiles biogénicos, han sido estimadas mediante el “Modelo de Emisiones de Gases y Aerosoles de la Naturaleza” (MEGAN versión 2.1) . MEGAN es un modelo global que puede ser configurado con resolución espacial de 1 km² y resolución temporal de 1 hora, que considera variables de entrada como el tipo de vegetación, composición del suelo y meteorología.

Las variables de entrada incluyen datos en formato de celdas georreferenciadas con un valor por cuadrícula. Estos datos corresponden a información meteorológica, índice de área foliar, tipos funcionales de plantas y mapas de factores de emisión basados en la composición de especies (incluidos en el modelo).

Figura 52: Esquema de las variables utilizadas por MEGAN y los pasos para calcular las emisiones.



Fuente: MEGAN2.1, Guenther.

Los FE que utiliza el modelo MEGAN, están dados en $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ para distintos COVs provenientes de emisiones biogénicas vegetales. Cada FE está asociado a un grupo funcional de plantas PFT (Guenther et al, 2012).

Los grupos funcionales son los siguientes:

Tabla 77: Grupos Funcionales

Grupos Funcionales	
N° FE	PFT
1	Árbol hoja Aciculada Perenne Templado
2	Árbol hoja Aciculada Perenne Boreal
3	Árbol hoja Aciculada Caduca Boreal
4	Árbol hoja Ancha Perenne Tropical
5	Árbol hoja Ancha Perenne Templado
6	Árbol hoja Ancha Caduca Tropical
7	Árbol hoja Ancha Caduca Boreal
8	Árbol hoja Ancha Perenne Boreal
9	Arbusto hoja Ancha Perenne Templado
10	Arbusto hoja Ancha Caduca Templado
11	Arbusto hoja Ancha Caduca Boreal
12	Pastizal C3 Artico
13	Pastizal C3 Frio
14	Pastizal C4 Templado
15	Cultivo
16	Maíz

Fuente: MEGAN 2.1

Los factores de emisión ($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$) que utiliza MEGAN 2.1 asociado a cada grupo funcional son los siguientes:

Tabla 78: FE Emisiones Biogénicas

FE BIOGÉNICAS															
Compuesto	FE1	FE2	FE3	FE4	FE5	FE6	FE7	FE8	FE9	FE10	FE11	FE12	FE13	FE14	FE15
Isopreno	600	3000	1	7000	10000	7000	10000	11000	2000	4000	4000	1600	800	200	1
Mirceno	70	70	60	80	30	80	30	30	30	50	30	0,3	0,3	0,3	0,3

FE BIOGÉNICAS															
Compuesto	FE1	FE2	FE3	FE4	FE5	FE6	FE7	FE8	FE9	FE10	FE11	FE12	FE13	FE14	FE15
Sabineno	70	70	40	80	50	80	50	50	50	70	50	0,7	0,7	0,7	0,7
Limoneno	100	100	130	80	80	80	80	80	60	100	60	0,7	0,7	0,7	0,7
3-Careno	160	160	80	40	30	40	30	30	30	100	30	0,3	0,3	0,3	0,3
<i>t-β- Ocimeno</i>	70	70	60	150	120	150	120	120	90	150	90	2	2	2	2
β-Pineno	300	300	200	120	130	120	130	130	100	150	100	1,5	1,5	1,5	1,5
α-Pineno	500	500	510	600	400	600	400	400	200	300	200	2	2	2	2
Otros Monoterpenos	180	180	170	150	150	150	150	150	110	200	110	5	5	5	5
α-Farneseno	40	40	40	60	40	60	40	40	40	40	40	3	3	3	4
β-Cariofileno	80	80	80	60	40	60	40	40	50	50	50	1	1	1	4
Otros Sesquiterpenos	120	120	120	120	100	120	100	100	100	100	100	2	2	2	2
232-MBO	700	60	0	0,01	0,01	0,01	0,01	2	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Metanol	900	900	900	500	900	500	900	900	900	900	900	500	500	500	900
Acetona	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	80	80	80	80
CO	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
COV Bidireccional	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	80	80	80	80

Fuente: MEGAN 2.1

8.2.9 Metodología de Estimación de Emisiones Evaporativas

La metodología que se utilizó como guía para la estimación de emisiones evaporativas residenciales y comerciales es la del “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA.

Factores de emisión Evaporativas Residenciales y Comerciales

Los factores de emisión utilizados fueron los presentados en el “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA y a continuación, se citan las fuentes de información base de donde se obtuvieron los factores de emisión:



1. “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA, se utilizaron las siguientes secciones metodológicas y tablas:

2. Estimación de emisiones estacionarias

2.2 Areales

2.2.2 Evaporativa

Tabla 2-50 Factores de emisión Aplicación de fertilizantes [kg/ ton N aplicado]

Tabla 2-51 Contenido de nitrógeno por tipo de fertilizante

Tabla 2-53 Factor de emisión artes gráficas [kg/hab-año]

Tabla 2-54 Valores a utilizar para estimar emisiones por llenado de combustible

Tabla 2-55 Valores para el factor de saturación según modo de llenado

Tabla 2-56 Factor de emisión de COV- Distribución de combustibles [ton/m³]

Tabla 2-57 Factores de emisión: Evaporativas de NH₃

Tabla 2-58 Proporción de animales perros y gatos según tipo de zona [mascotas/ 1000 hab]

Tabla 2-59 Factores a utilizar para estimar emisiones de crianza de animales

Tabla 2-60 Factores de emisión: Uso de Solventes - Residencial [kg/hab-año]

Tabla 2-61 Factor de emisión: Pintura - Residencial [kg/m³]

Para las actividades aplicación de pintura, aguas servidas y Fugas de GLP, los factores de emisión también fueron extraídos del “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA, aunque en este no se presenta a modo de tablas.



8.3 Metodología Estimación de Fuentes Móviles en Ruta y Fuera de Ruta.

8.3.1 Metodología Estimación de Emisiones Fuentes Móviles en Ruta

Para la aplicación de la metodología de fuentes móviles, se consideró la caracterización y flujo del parque vehicular, distancias de los arcos considerados, velocidades de circulación, entre otros parámetros a considerar. La metodología es la misma presentada en el “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA.

Se destaca que esta metodología corresponde a la metodología implementada por SECTRA a través del modelo de emisiones MODEM v5.1.

En términos generales la metodología de cálculo de emisiones asume que estas provienen de tres fuentes fundamentales: las derivadas del motor cuando éste se encuentra en condiciones de operación estables (emisiones en caliente), aquellas provenientes del motor cuando éste se encuentra frío (emisiones por partidas en frío) y por último aquellas denominadas evaporativas (emisiones de hidrocarburos evaporados). Además, se consideran las emisiones de polvo resuspendido generadas por el paso de los vehículos, el desgaste de freno y desgaste de neumáticos (agrupadas como desgaste en la ecuación). Las emisiones totales serán, en consecuencia, la suma de estos cinco tipos de emisiones, como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 79. Desagregación de las emisiones totales según su tipo de descarga

Desagregación de las emisiones totales	
$E_{total} = E_{caliente} + E_{partidas\ en\ frío} + E_{evaporativas} + E_{polvo} + E_{desgastes}$	
<p>Donde:</p> <p>E_{total} : Emisiones totales del contaminante considerado [gramos]</p> <p>$E_{caliente}$: Emisiones en caliente, fase estabilizada del motor [gramos]</p> <p>$E_{partidas\ en\ frío}$: Emisiones por partidas en frío [gramos]</p>	Ecuación 5

Desagregación de las emisiones totales	
$E_{\text{evaporativas}}$: Emisiones por evaporación ⁵ [gramos]
E_{polvo}	: Emisiones provenientes del polvo resuspendido por la circulación de vehículos sobre calles pavimentadas [gramos]
E_{desgaste}	: Emisiones por desgaste de frenos, neumáticos y superficie [gramos]

Por su parte, se considera que las emisiones evaporativas en fuentes móviles provienen de tres fuentes primarias:

Tabla 80. Fuentes primarias de emisiones evaporativas

Tipos de Emisiones Evaporativas
<ul style="list-style-type: none"> • Emisiones durante el día (diurna) • Emisiones por detenciones en caliente (hotsoakemissions) • Pérdidas durante el recorrido (runninglosses)

Desde el punto de vista de la metodología utilizada para el cálculo de emisiones, se distinguen dos tipos: metodología para cálculo de emisiones por arco y metodología para cálculo de emisiones por zonas, cuya aplicación de cada una depende del tipo de descarga de emisión que se estime. Las metodologías utilizadas para el presente inventario de emisiones fueron las siguientes:

- ✓ Metodología Tipo Arco para ciudades que cuentan con modelo de transporte
 - Metodología de cálculo de emisiones en caliente por tubo de escape
 - Metodología de cálculo de emisiones evaporativas por pérdidas durante el recorrido Copert III
- ✓ Metodología Tipo Zona para ciudades que cuentan con modelo de transporte
 - Metodología de cálculo de emisiones por partidas en frío Copert 3



- Metodología de cálculo de emisiones evaporativas durante el día (diurnal) Copert III
- Metodología de cálculo de emisiones evaporativas por detenciones en caliente (hot snack) Copert III
- ✓ Metodología Tipo Arco para ciudades que no cuentan con modelo de transporte
- ✓ Metodología de cálculo de emisiones de polvo resuspendido desde calles pavimentadas y no pavimentadas

La información base que se utilizó y que fue extraída desde el “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA, fue la siguiente:

Factores de emisión Fuentes Móviles en Ruta

Los factores de emisiones que fueron utilizados para el cálculo de emisiones de fuentes móviles en ruta fueron extraídos del MODEM v5.1 (SECTRA), y son presentados en detalle en el anexo digital del presente informe, específicamente en el documento “Factores_Emision_FM_COPERT.rar”.

1. “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA, se utilizaron las siguientes secciones metodológicas y tablas:

4. Estimación de emisiones móviles

- 4.1 En ruta

Tabla 4-1 Información y fuentes de información requeridas por MODEM según metodología

Tabla 4-2 Contaminantes considerados en MODEM

Tabla 4-3 Contaminantes considerados por metodología y tipo de emisión

Tabla 4-8 Kilómetros recorridos anuales por tipo de vehículo [km/veh]

Tabla 4-9 Velocidad promedio por tipo de vehículo [km/h]

8.3.2 Metodología Estimación de Emisiones de Fuentes Móviles Fuera De Ruta (Off Road)



La metodología que se utilizó como guía para la estimación de emisiones de Fuentes Móviles Fuera De Ruta es la del “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA.

Factores de emisión Fuentes Móviles Fuera De Ruta

Los factores de emisión utilizados fueron los presentados en el “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA y a continuación, se citan las fuentes de información base de donde se obtuvieron los factores de emisión:

1. “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA, se utilizaron las siguientes secciones metodológicas y tablas:

4. Estimación de emisiones móviles

- 4.2 Fuera de ruta

Tabla 4-11 Factores de emisión de equipos nuevos: Maquinaria Fuera de ruta [g/kW-hr]

Tabla 4-12 Factor empírico “A” del factor de deterioro

Tabla 4-13 Vida media para maquinaria fuera de ruta según rango de potencia

Tabla 4-14 Factores de Ajuste transiente

Tabla 4-15 Factor de carga y horas de funcionamientos anuales por tipo de maquinaria

Adicionalmente cabe resaltar, que, para asignar la tecnología, se utilizó los campos de información “año de fabricación” y “potencia” de las Plantas de Revisión Técnica (PRT) de la Región del Maule, año 2017. Precisamente las PRT corresponden a la fuente de información utilizada para la obtención del nivel de actividad.



8.4 Metodología Estimación Emisiones de Fuentes Fugitivas

Para el resto de las fuentes fugitivas de área emisoras que aportan a la fracción gruesa del material particulado, la metodología general empleada es la siguiente:

La metodología general empleada para la estimación de emisiones atmosféricas de cualquier tipo de actividades es la siguiente:

$$E = fe * Na * \left[1 - \frac{Ea}{100} \right] \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

E: Emisión

Fe: Factor de emisión

Na: Nivel de actividad característico de la fuente de área

Ea: Eficiencia de abatimiento

8.4.1 Metodología Estimación de Emisiones de Polvo Resuspendido en Caminos

La metodología que se utilizó como guía para la estimación de emisiones derivadas del Polvo Resuspendido en Caminos Pavimentados y No Pavimentados es la del “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA.

Factores de emisión Polvo Resuspendido en Caminos

Los factores de emisión utilizados fueron los presentados en el “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA y a continuación, se citan las fuentes de información base de donde se obtuvieron los factores de emisión:

1. “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA, se utilizaron las siguientes secciones metodológicas y tablas:
 3. Estimación de emisiones fugitivas



3.1 Polvo resuspendido

3.1.2 Transporte

3.1.2.1 Calles

Tabla 3-8 Contenido de material fino según flujo vehicular [g/m²]

Tabla 3-9 Peso promedio por tipo de vehículo [ton]

3.1.1 Industria

3.1.1.5 Tránsito sitios industriales

8.4.2 Metodología Estimación de Emisiones Preparación de Terrenos Agrícolas

La metodología que se utilizó como guía para la estimación de emisiones derivadas de la Preparación de terrenos (agrícolas) es la del “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA.

Factores de emisión Preparación de terrenos agrícolas

Los factores de emisión utilizados fueron los presentados en el “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA y a continuación, se citan las fuentes de información base de donde se obtuvieron los factores de emisión:

1. “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA, se utilizaron las siguientes secciones metodológicas y tablas:

3. Estimación de emisiones fugitivas

3.1 Polvo resuspendido

3.1.1 Industria

3.1.1.1 Preparación de terrenos

Tabla 6-31 Número de pasadas por tipo de cultivo



8.4.3 Metodología Estimación de Producción de Áridos

La metodología que se utilizó como guía para la estimación de emisiones derivadas de la Producción de Áridos es la del “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA.

Factores de emisión Producción de Áridos

Los factores de emisión utilizados fueron los presentados en el “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA y a continuación, se citan las fuentes de información base de donde se obtuvieron los factores de emisión:

1. “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA, se utilizaron las siguientes secciones metodológicas y tablas:

3. Estimación de emisiones fugitivas

- 3.1 Polvo resuspendido

- 3.1.1 Industria

- 3.1.1.2 Proceso

Tabla 3-1 Factores de emisión Fugitivas – Producción de áridos – Extracción en el frente [kg/ton]

Tabla 3-2 Factores de emisión MP10 Fugitivas – Producción de áridos – Chancado [kg/ton]

Tabla 3-3 Factores de emisión MP10 Fugitivas – Producción de áridos – Clasificación [kg/ton]

Tabla 3-4 Factores de emisión: Fugitivas – Producción de áridos – Tamizado [kg/ton]

8.4.4 Metodología Estimación de Construcción de Caminos

La metodología que se utilizó como guía para la estimación de emisiones derivadas de la Construcción de Caminos es la del “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA.



Factores de emisión Construcción de Caminos

Los factores de emisión utilizados fueron los presentados en el “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA y a continuación, se citan las fuentes de información base de donde se obtuvieron los factores de emisión:

1. “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA, se utilizaron las siguientes secciones metodológicas y tablas:
 3. Estimación de emisiones fugitivas
 - 3.1 Polvo resuspendido
 - 3.1.1 Industria
 - 3.1.1.2 Proceso

Tabla 3-5 Factores de emisión: Construcción –
Construcción de caminos [kg/m²-mes]

8.4.5 Metodología Estimación de Construcción de Edificios y Viviendas

La metodología que se utilizó como guía para la estimación de emisiones derivadas de la Construcción de Edificios y Viviendas es la del “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA.

Factores de emisión Construcción de Edificios y Viviendas

Los factores de emisión utilizados fueron los presentados en el “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA y a continuación, se citan las fuentes de información base de donde se obtuvieron los factores de emisión:

1. “Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” desarrollado por el MMA, se utilizaron las siguientes secciones metodológicas y tablas:
 3. Estimación de emisiones fugitivas



3.1 Polvo resuspendido

3.1.1 Industria

3.1.1.2 Proceso

Tabla 3-7 Factores de emisión: Construcción –
Construcción de edificios [kg/m²-mes]



9. Anexo 3: Niveles de Actividad utilizados en la Estimación de Emisiones

9.1 Niveles de Actividad utilizados en la Estimación de Emisiones de Fuentes Estacionarias Puntuales

Para el cálculo de emisiones fueron considerados todas las fuentes de todos los establecimientos que declararon en el F138 MINSAL (Decreto Supremo 138/2005 MINSAL) el año 2017, se realizó un análisis mediante los indicadores de validación estadística y técnica.

Se realizó la identificación de las fuentes fijas (estacionarias o puntuales) actualmente declaradas en el F138⁶ del MINSAL para la zona en estudio. Los tipos de fuentes emisoras declaradas en el F138 son las siguientes:

- CA = Caldera calefacción
- IN = Caldera Industrial
- GE = Caldera de generación eléctrica
- CF= Caldera de fluido térmico
- PC = Proceso Industrial CON combustión
- PS = Proceso Industrial SIN combustión
- PA = Hornos de panadería
- EL = Grupos Electrógenos

Con ello se obtuvo el universo de establecimientos y sus respectivas unidades de emisión (o fuentes) y la información fue sistematizada en una planilla Excel, se completó

⁶ Decreto Supremo 138/2005 MINSAL el cual, “Establece Obligación de Declarar Emisiones”. Esta base de datos constituye la base de información más robusta a nivel nacional para las fuentes materia de la LEY. No obstante, esta información puede contener vacíos en términos de establecimientos que no han declarado o bien falta o impresión de información administrativa o técnica relevante para el cálculo de emisiones, también contiene datos de mediciones o información técnica para evaluar las emisiones y medio de generación. Para los fines del presente estudio se tomará en consideración la mejor información consolidada disponible desde el año 2008 al 2014.



información técnica relevante, así como otros datos técnicos que permitieron generar validadores de información y patrones de comparación.

Como resultado de esta revisión se detectaron errores e inconsistencias, de esta manera las fuentes de emisión que presentaron dificultades quedaron seleccionadas para evaluación técnica, y en función de tipo de error se ejecutó a una evaluación técnica mediante la construcción de indicadores promedios según tipo de fuente, tipo de combustible, potencia, entre otros.

Entre la información técnica relevante se tiene: potencia térmica MWt, consumo de combustibles real y nominal, horas de funcionamiento, producción de vapor, energía eléctrica generada, localización, georreferenciación, unidades, sistema de control de emisiones, tipo de actividad económica, entre otras.

De igual manera, en los casos en que existieron dudas con la información utilizada para el cálculo de las emisiones, se solicitaron datos adicionales al Ministerio de Salud.

De esta manera fue posible corregir y validar la información de entrada para el cálculo de emisiones de las fuentes que habían sido detectadas con información inconsistente y que se tenía dudas sobre la magnitud de sus emisiones.

Es importante destacar que se realizó un proceso de iteración de la evaluación de los validadores técnicos y estadísticos hasta que se obtuvieron valores correctos.

El producto final obtenido luego del proceso de validación se encuentra contenido en el anexo digital en el archivo "Inventario_2017.rar", en la planilla Excel denominada "Fuentes_Puntuales_corr_v3.xlsx", donde se incluyen columnas con comentarios y notas en celdas. Además, se incorporan columnas que mantienen la información original obtenida y la información modificada por el proceso de validación.



A continuación, se presentan las principales estadísticas referidas a las fuentes de emisión extraídas desde el F138 MINSAL (Decreto Supremo 138/2005 MINSAL) que fueron utilizadas para el cálculo de emisiones:

Tabla 81: Número de Establecimientos que declararon en el F138, año 2017

Provincia	Comuna	N° de Establecimientos
Cauquenes	Cauquenes	16
Cauquenes	Chanco	7
Cauquenes	Pelluhue	7
Curicó	Curicó	68
Curicó	Hualañé	4
Curicó	Licantén	9
Curicó	Molina	32
Curicó	Rauco	3
Curicó	Romeral	11
Curicó	Sagrada Familia	12
Curicó	Teno	19
Curicó	Vichuquén	2
Linares	Colbún	6
Linares	Linares	46
Linares	Longaví	5
Linares	Parral	24
Linares	Retiro	8
Linares	San Javier	19
Linares	Villa Alegre	7
Linares	Yerbas Buenas	7
Talca	Constitución	41
Talca	Curepto	12
Talca	Empedrado	4
Talca	Maule	8
Talca	Pelarco	3
Talca	Pencahue	5
Talca	Rio Claro	3
Talca	San Clemente	18
Talca	San Rafael	2
Talca	Talca	113



Provincia	Comuna	N° de Establecimientos
Total general		521

Fuente: Declaraciones de Emisiones Año 2016 en el F138 (Decreto Supremo 138/2005 MINSAL)

Tabla 82: Número de Fuentes Fijas declaradas en el F138 por tipo, año 2017

Provincia	Comuna	CA	EL	IN	PA	PC	PS	Total general
Cauquenes	Cauquenes	1	15	4	2	1		23
Cauquenes	Chanco	2	7					9
Cauquenes	Pelluhue		7	1				8
Curicó	Curicó	27	72	8	16	3	2	128
Curicó	Hualañé		5					5
Curicó	Licantén		11	1		2	1	15
Curicó	Molina	13	39	10	3	1		66
Curicó	Rauco		3					3
Curicó	Romeral	15	19	14		3		51
Curicó	Sagrada Familia	4	11	5	1			21
Curicó	Teno		76	9		2	30	117
Curicó	Vichuquén	1	1					2
Linares	Colbún	3	12	8				23
Linares	Linares	6	48	14	5			73
Linares	Longaví	1	5					6
Linares	Parral	7	25	2	4			38
Linares	Retiro		8	4				12
Linares	San Javier	7	17		4	1		29
Linares	Villa Alegre		7	1				8
Linares	Yerbas Buenas		11	6				17
Talca	Constitución	10	63	6	5	2	1	87
Talca	Curepto	2	12					14
Talca	Empedrado	1	3					4
Talca	Maule	2	10	5		2		19
Talca	Pelarco	1	2					3
Talca	Pencahue	8	3	2				13
Talca	Rio Claro	3	4					7
Talca	San Clemente	1	76					77
Talca	San Rafael		2	1				3
Talca	Talca	44	128	27	24	3		226



Provincia	Comuna	CA	EL	IN	PA	PC	PS	Total general
Total general		159	702	128	64	20	34	1.107

Fuente: Declaraciones de Emisiones Año 2016 en el F138 (Decreto Supremo 138/2005 MINSAL)

El detalle de los consumos de combustibles, materias primas, equipos de control asociados, mediciones y estimaciones propias de los titulares, se presenta en detalle en la planilla de estimación de emisiones de fuentes fijas, contenida dentro del anexo digital del presente informe.



9.2 Niveles de Actividad utilizados en la Estimación de Emisiones de Fuentes Estacionarias de Área (residenciales, comerciales, quemas e incendios y fuentes biogénicas).

9.2.1 Niveles de Actividad utilizados en la Estimación de Emisiones de Combustión Residencial de Leña

Se utilizó como información base para los consumos por comuna a nivel urbano y rural el estudio INFOR denominado “CONSUMO DE COMBUSTIBLES DERIVADOS DE LA MADERA Y TRANSICIÓN ENERGÉTICA EN LA REGIÓN DEL MAULE” realizado por INFOR 2018, el cual entrega consumos urbano-rural de leña para las 30 comunas para un año base 2016, dicho consumo fue proyectado al 2017 en base a estadísticas de crecimiento de otro estudio denominado “Medición del Consumo Nacional DE Leña y Otros Combustibles Sólidos Derivados de la Madera” realizado por la CDT para el Ministerio de Energía.

Para los parámetros se utilizó como información el estudio “Medición del Consumo Nacional de Leña y Otros Combustibles Sólidos Derivados de la Madera” realizado por la CDT para el Ministerio de Energía, este estudio entrega porcentajes de humedad de la leña a nivel regional, la distribución por tipo de artefacto a nivel regional y tasas de quemado para los distintos artefactos, estos insumos permitieron obtener la distribución de consumo de leña por tipo de artefacto.

En el caso del uso del tiraje (o tipo de operación), se utilizó las mismas condiciones de operación que se han utilizado históricamente en el RETC.

El nivel de actividad comunal utilizado obtenido del estudio INFOR corresponde al consumo de leña año 2017 subdividido por zona urbana y rural, el siguiente:

Tabla 83: Consumo de Leña Región del Maule (m³), Año 2017

Comuna	Consumo Urbano (m ³)	Consumo Rural (m ³)
San Clemente	21263,68746	48767,60387
Maule	12840,81889	39611,23743

Comuna	Consumo Urbano (m ³)	Consumo Rural (m ³)
Curicó	70476,21044	39511,71171
Longaví	8468,650436	37819,77443
Teno	7253,440401	29857,71666
San Javier	14561,61999	29658,66521
Linares	85050,76879	28762,93371
Yerbas Buenas	2039,283669	24184,75049
Retiro	5638,136646	23985,69905
Colbún	8187,987676	22393,28749
Molina	36986,77355	21398,03027
Parral	37765,06532	20900,40166
Sagrada Familia	4653,82647	19905,14444
Cauquenes	31075,93621	18909,88722
Villa Alegre	7353,961461	18710,83577
Romeral	2829,518532	18412,2586
Río Claro	3620,748653	18312,73288
Constitución	17913,64898	18014,15572
Talca	113121,0258	12440,71527
Curepto	4070,605275	9952,572219
Rauco	3455,535822	9454,943608
Pencahue	2750,893149	9156,366441
Pelarco	3144,020064	8559,212108
Chanco	4622,973472	8459,686386
Hualañé	5632,165098	7962,057775
San Rafael	5182,308475	8857,789275
Vichuquén	1757,625652	7464,429164
Licantén	4250,746975	5317,659337
Pelluhue	7418,653231	4478,657499
Empedrado	2965,86888	4279,606054
Total	536352,5055	575500,5218

Fuente: Elaboración Propia en base a Estudio “CONSUMO DE COMBUSTIBLES DERIVADOS DE LA MADERA Y TRANSICIÓN ENERGÉTICA EN LA REGIÓN DEL MAULE” desarrollado por INFOR y proyectado al año 2017 en base a Estudio “Medición del Consumo Nacional DE Leña y Otros Combustibles Sólidos Derivados de la Madera” realizado por la CDT para el Ministerio de Energía.



Variables y Parámetros utilizados

A continuación, se presentan las variables y parámetros de importancia utilizados:

Tabla 84: Porcentajes de distribución Región del Maule por Tipo de artefacto.

Artefacto	Distribución Región del Maule (%)
Cámara Doble	56,54
Cocina a Leña	11,99
Salamandra	12,59
Cámara Simple	8,69
Equipo Hechizo	7,09
Chimenea	3,1
Caldera a Leña	0
Total	100

Fuente: Estudio “MEDICIÓN DEL CONSUMO NACIONAL DE LEÑA Y OTROS COMBUSTIBLES SÓLIDOS DERIVADOS DE LA MADERA, AÑO 2015” realizado por la CDT para el Ministerio de Energía.

Tabla 85: Tasa de quemado por Tipo de artefacto.

Artefacto	Tasa de quemado (kg/h)
Cámara Doble	3,5
Salamandra	4
Equipo Hechizo	0,6
Cámara Simple	4
Chimenea	6
Cocina A Leña	4
Caldera A Leña	4

Fuente: Estudio “MEDICIÓN DEL CONSUMO NACIONAL DE LEÑA Y OTROS COMBUSTIBLES SÓLIDOS DERIVADOS DE LA MADERA, AÑO 2015” realizado por la CDT para el Ministerio de Energía.



Tabla 86: Densidad de la leña según Norma Chilena Oficial N°2907/2005

Calidad	Densidad [kg/m ³]	Contenido de humedad
Seca	411	Hasta 25% base seca
Semi-húmeda	432	Entre 25,1% y 40%
Húmeda	453	Sobre 40%

Fuente: Norma Chilena Oficial N°2907/2005.

Tabla 87: Porcentajes de distribución por Macro Zona (M-Z) y por Tipo de Operación (tiraje abierto o cerrado) para los Artefactos Cámara Doble y Cámara Simple.

M-Z	Tiraje Cerrado (Cámara Doble)	Tiraje Cerrado (Cámara Simple)	Tiraje Abierto (Cámara Doble)	Tiraje Abierto (Cámara Simple)
M-Z1 ⁷	0,4509	0,3686	0,5491	0,6314
M-Z2 ⁸	0,4509	0,3686	0,5491	0,6314
M-Z3 ⁹	0,4509	0,3700	0,5491	0,6300
M-Z4 ¹⁰	0,4509	0,3616	0,5491	0,6384

Fuente: En base a estudios DICTUC 2007, AMBIOSIS 2008, UDEC 2002, ENVIROMODELING 2009, UCT 2009, AMBIOSIS 201 y CENMA 2010.

Tabla 88: Porcentajes de distribución por Región y Tipo de Humedad de la leña

Porcentaje de Humedad de la leña por Región (%)										
ZN	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0,24	0,273	0,241	0,251	0,277	0,326	0,274	0,28	0,285	0,282	0,283

Fuente: Estudio "MEDICIÓN DEL CONSUMO NACIONAL DE LEÑA Y OTROS COMBUSTIBLES SÓLIDOS DERIVADOS DE LA MADERA, AÑO 2015" realizado por la CDT para el Ministerio de Energía.

⁷ La M-Z1 considera la Región de Arica y Parinacota, Región de Tarapacá, Región de Antofagasta, Región de Atacama, Región de Coquimbo y Región de Valparaíso.

⁸ La M-Z2 considera la Región Metropolitana de Santiago y Región del Libertador General Bernardo O'Higgins.

⁹ La M-Z3 considera la Región del Maule y Región del Biobío.

¹⁰ La M-Z4 considera la Región de la Araucanía, Región de los Ríos, Región de los Lagos, Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo y Región de Magallanes y la Antártica Chilena.



9.2.2 Niveles de Actividad utilizados en la Estimación de Emisiones Quemadas Agrícolas.

A continuación, se presentan los datos requeridos (niveles de actividad) para la correcta aplicación de las metodologías descritas anteriormente para los tipos de fuentes Quemadas Agrícolas, Incendios Forestales y Biogénicas.

Los niveles de actividad en el caso de “**Quemas Agrícolas**” requeridos para la aplicación metodológica, son la cantidad de superficie en hectáreas quemadas por tipo de cultivo y/o vegetación. Se trabajará con la Base de Datos generada por CONAF a nivel comunal, única entidad que registra y autoriza el uso del fuego para la eliminación de residuos, rastros y/o desechos etc. de origen vegetal.

Las especies vegetales que se encuentran dentro de la clasificación de CONAF son algunos cereales (desechos provenientes de la post-cosecha de Trigo, Maíz, Cebada etc.), actividades silvícolas (podas, raleos y desechos de cosecha) de plantaciones forestales y vegetación menor como matorrales y pastizales en sitios abiertos, para habilitar caminos, superficie para siembra, limpieza de canales etc.

Tabla 89: Superficie Quemadas Agrícolas Región del Maule, Año 2017

Comuna	Superficie Quemadas Agrícolas (ha)
Cauquenes	772,59
Chanco	436,6
Colbún	549,4
Constitución	784,875
Curepto	138,75
Curicó	380,96
Empedrado	101,7
Hualañé	231,2
Licantén	21,2
Linares	488,79
Longaví	645,3
Molina	330,9
Parral	1.655,9
Pelarco	95,85
Pelluhue	69,35



Comuna	Superficie Quemadas Agrícolas (ha)
Pencahue	215,2
Rauco	106,43
Retiro	1.227,95
Río Claro	244,3
Romeral	31,7
Sagrada Familia	262,58
San Clemente	606
San Javier	171
San Rafael	28,5
Teno	136,9
Vichuquén	34
Villa Alegre	258,7
Yerbas Buenas	409,9
Total	10.436,525

9.2.3 Niveles de Actividad utilizados en la Estimación de Emisiones Incendios Forestales

Los niveles de actividad en el caso de “**Incendios Forestales**” corresponden a la superficie (en hectáreas) afectada por incendios de vegetación natural y plantaciones forestales, desagregadas por comuna, información reportada por CONAF, en donde se definen a los pastizales, matorrales y bosque nativo como vegetación natural, pinos y eucaliptus como plantaciones forestales. Sin embargo, la información reportada en internet no es suficiente para la estimación requerida, debido a que los reportes indican las hectáreas consumidas durante la temporada que CONAF considera como período de evaluación.

Especies vegetales por unidad de análisis: Se trabajará con la Base de Datos generada por CONAF a nivel comunal, única entidad que registra y autoriza el uso del fuego para la eliminación de residuos, rastrojos y/o desechos etc. de origen vegetal.



Tabla 90: Superficie Incendios Forestales Región del Maule, Año 2017

Comuna	Superficie Incendios Forestales (ha)
Cauquenes	213915,0428
Chanco	76,725
Colbún	9
Constitución	152,0795
Curepto	4145,6309
Curicó	136,51
Empedrado	0,96
Hualañé	62,59
Licantén	48,91
Linares	2953,7
Longaví	38,91
Maule	4312,2
Molina	173,183
Parral	2473,52
Pelarco	9,78
Pelluhue	10,28
Pencahue	26,9
Rauco	19,5
Retiro	144,2
Río Claro	524,68
Romeral	35,83
Sagrada Familia	76,48
San Clemente	290,67
San Javier	5004,66
San Rafael	442,175
Talca	61,63
Teno	50,2
Vichuquén	47174,99
Villa Alegre	1,02
Yerbas Buenas	21,6
Total	282393,5562



9.2.4 Niveles de Actividad utilizados en la Estimación de Emisiones Cigarrillos

A continuación, se presenta los niveles de actividad utilizados para estimar las emisiones producto del consumo de cigarrillos:

Tabla 91: Población Región Del Maule, Año 2017.

Nombre de la Comuna	Personas urbanas	Personas rural	Personas (urbana + rural)
Talca	210.916	9.441	220.357
Constitución	37.273	8.795	46.068
Curepto	3.389	6.059	9.448
Empedrado	3.008	1.134	4.142
Maule	38.834	10.887	49.721
Pelarco	2.587	5.835	8.422
Pencahue	3.438	4.807	8.245
Río Claro	4.413	9.493	13.906
San Clemente	21.666	21.603	43.269
San Rafael	4.968	4.223	9.191
Cauquenes	33.114	7.327	40.441
Chanco	3.921	5.007	8.928
Pelluhue	4.081	3.490	7.571
Curicó	132.569	16.567	149.136
Hualañé	5.743	3.914	9.657
Licantén	4.965	1.688	6.653
Molina	37.318	8.658	45.976
Rauco	5.531	4.953	10.484
Romeral	6.529	8.658	15.187
Sagrada Familia	7.886	10.658	18.544
Teno	9.532	19.389	28.921
Vichuquén	1.190	3.132	4.322
Linares	77.672	15.930	93.602
Colbún	9.052	11.713	20.765
Longaví	9.247	21.287	30.534
Parral	30.794	10.843	41.637
Retiro	7.063	12.911	19.974
San Javier	32.569	12.978	45.547
Villa Alegre	9.676	6.545	16.221
Yerbas Buenas	6.187	11.894	18.081
		Total	1.044.950

Fuente: Censo INE 2017



9.2.5 Niveles de Actividad utilizados en la Estimación de Fabricación de Ladrillos

Para la caracterización de la fabricación de ladrillos artesanales (considera tejas y otros productos del rubro) se utilizó el consumo de combustible de los hornos de ladrillos, el cual corresponde a Leña (Lampazo de pino).

A continuación, se presenta los niveles de actividad utilizados para estimar las emisiones producto de la Fabricación de Ladrillos:

Tabla 92: Cantidad de Lampazos de pino Linares y Cauquenes (m³/año), Año 2017.

Comuna	Lampazo de pino (m ³ /año)
Linares	42.000
Cauquenes	23.940

Fuente: Municipio Linares y Seremi de Medio Ambiente del Maule para la comuna de Cauquenes.

9.2.6 Niveles de Actividad utilizados en la Estimación de Emisiones Incendios Urbanos

A continuación, se presenta los niveles de actividad utilizados:

Tabla 93: Cantidad de Incendios para Región Del Maule (t), Año 2017.

Comuna	Incendios
CAUQUENES	22
CHANCO	3
COLBÚN	16
CONSTITUCIÓN	40
CUREPTO	16
CURICÓ	118
EMPEDRADO	1
HUALAÑÉ	1

Comuna	Incendios
LICANTÉN	7
LINARES	32
LONGAVÍ	28
MAULE	35
MOLINA	22
PARRAL	19
PELARCO	2
PELLUHUE	6
PENCAHUE	5
RAUCO	1
RETIRO	11
RÍO CLARO	10
ROMERAL	10
SAGRADA FAMILIA	7
SAN CLEMENTE	24
SAN JAVIER	30
SAN RAFAEL	4
TALCA	80
TENO	20
VICHUQUÉN	10
VILLA ALEGRE	11
YERBAS BUENAS	10

Fuente: Carabineros de Chile, Año 2017

9.2.7 Niveles de Actividad utilizados en la Estimación de Emisiones Fuentes de Combustión Residencial de GLP, GN, GC y Kerosene

La información base, específicamente los niveles de actividad para el caso de la combustión residencial de gas licuado de petróleo (GLP), gas natural (GN), gas de ciudad (GC) y kerosene corresponden a los niveles de consumos de cada uno de los combustibles en cuestión. Estos consumos fueron extraídos de los reportes estadísticos anuales que reporta la SEC en su página web.

Respecto a los consumos de gas natural de tipo residencial, la SEC considera dentro del registro residencial los consumos utilizados por las calderas de calefacción de edificios



residenciales. El MINSAL por medio del D.S 138 tiene registrados los consumos de gas natural de cada una de las calderas a nivel país, por lo tanto, estos consumos fueron estimados como parte de las emisiones de fuentes fijas, con el objetivo de evitar el doble conteo.

A continuación, se presenta los niveles de actividad utilizados:

Tabla 94: Ventas Totales De GLP por mes para Región Del Maule (t), Año 2017.

Mes	Envasado	Granel
Enero	2.948	1.246
Febrero	3.256	1.517
Marzo	3.581	1.979
Abril	4.133	2.486
Mayo	4.492	2.137
Junio	5.053	2.117
Julio	5.183	2.024
Agosto	4.842	2.013
Septiembre	4.284	1.779
Octubre	3.782	1.491
Noviembre	3.490	1.297
Diciembre	3.627	1.321
TOTAL	48.669	21.407

Fuente: Informes Estadístico SEC, Año 2016

Tabla 95: Ventas Totales de ENAP y compañías distribuidoras, ordenadas por mes y por productos para la Región del Maule (m3), Año 2017.

Mes	KEROSENE_DOMESTICO
Enero	2,56
Febrero	12,40
Marzo	125,77
Abril	523,07
Mayo	796,73
Junio	1.824,62
Julio	1.693,74
Agosto	915,38



Mes	KEROSENE_DOMESTICO
Septiembre	300,19
Octubre	101,23
Noviembre	13,50
Diciembre	9,02
Total	6.318,18

Fuente: Informes Estadístico SEC, Año 2016

Nota: Se realizó el supuesto de que las estadísticas presentadas por SEC para el año 2016, son equivalentes a las del año 2017, considerando que aún no publican en la página web el informe estadístico del año 2017.

9.2.8 Niveles de Actividad utilizados en la Estimación de Emisiones Biogénicas

En el caso de “**Actividades Biogénicas**” el modelo propuesto para estimar las emisiones biogénicas corresponde a “Megan 2.1”, se realizó el cálculo de emisiones utilizando las “Clases de Uso de Suelo” señaladas para cada celda del área de estudio. MEGAN es un modelo para estimar las emisiones de gases y aerosoles de los ecosistemas terrestres a la atmósfera. Las variables de entrada incluyeron la cobertura del suelo, el clima y la composición química atmosférica y posee una resolución base de ~ 1 km, por lo que su uso es adecuado para modelos regionales y globales.

Para estimar las emisiones provenientes de “**fuentes Biogénicas**” se utilizaron los siguientes insumos:

Datos Meteorológicos: Se recibió una base de datos meteorológicos extraídos de la red SINCA y empresas privadas, correspondientes a las estaciones Curicó, U. de Talca, UC del Maule, Talca y Linares. Estos datos corresponden a presión, radiación global a 3m, humedad relativa a 3m, temperatura a 10m, dirección y velocidad del viento a 10m.



Esta información fue complementada con datos provenientes del programa de reanálisis de información meteorológica global ERA Interim¹¹, mantenidos por el Centro Europeo de mediciones de clima de rango medio (ECMWF) y el Centro Nacional para la investigación de la atmosfera de Estados Unidos (NCAR). Estos datos corresponden a grillas con resolución de 80 km.

Índice de área foliar (LAI): Se ha utilizado la información satelital proveniente del producto MOD15A2H basado en observaciones satelitales utilizando espectro radiometría de imágenes de media resolución (MODIS) publicados por el programa NASA Earth Observing System Data. Estos datos poseen resolución de 500 metros cada 8 días.

Referencia: Myneni, R., Knyazikhin, Y., Park, T. (2015). MOD15A2H MODIS/Terra Leaf Area Index/FPAR 8-Day L4 Global 500m SIN Grid V006 [Data set]. NASA EOSDIS Land Processes DAAC. doi: 10.5067/MODIS/MOD15A2H.006

https://lpdaac.usgs.gov/dataset_discovery/modis/modis_products_table/mod15a2h_v006

Radiación fotosintética activa (PAR): Al igual que LAI se han utilizado datos del programa MODIS, basados en el producto MCD18A2: MODIS/Terra and Aqua Photosynthetically Active Radiation Daily 3-Hourly L3 Global 5 km V006.

Referencia: Wang, D. (2017). MODIS/Terra+Aqua Photosynthetically Active Radiation Daily/3-Hour L3 Global 5km SIN Grid V006 [Data set]. NASA EOSDIS Land Processes DAAC. doi: 10.5067/MODIS/MCD18A2.006

<http://lpdaac.usgs.gov/node/1268>

Datos de vegetación (Plant Functional Type) PFT: Se ha utilizado la base de datos de uso de suelo vegetal publicados por la Agencia Espacial Europea para el año 2015, desarrollados en el ámbito de la iniciativa de cambio climático. Estos datos poseen una resolución de 500 metros y utilizan una clasificación basada en el Sistema de la FAO/UNEP.

¹¹ <https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/archive-datasets/reanalysis-datasets/era-interim>



Referencia: European Space Agency CCI Land Cover, disponible en <http://maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/index.php> ESA Climate Change Initiative - Land Cover led by UCLouvain (2017)

La homologación de clasificación compatible con MEGAN ha sido basada en el estudio:

Li, Wei, MacBean, Natasha, Ciais, Philippe, Defourny, Pierre, Lamarche, Céline, Bontemps, Sophie, ... Peng, Shushi. (2017). Derivation of plant functional type (PFT) maps from the ESA CCI Land Cover product [Data set]. Zenodo. <http://doi.org/10.5281/zenodo.1048163>

Clasificación de tipo de Suelo (SOIL TAXONOMY)

La clasificación fue basada en el mapa de suelo del mundo publicado por la FAO y UNESCO disponible en:

<http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/soil-maps-and-databases/faunesco-soil-map-of-the-world/en/>

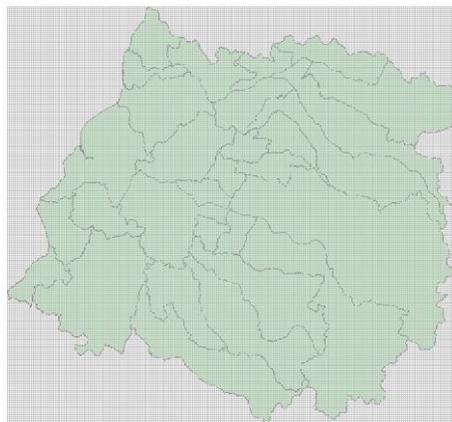
Estos mapas fueron reclasificados según las clasificaciones del departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA 16 SOIL CLASIFFICATION) esta última clasificación es la requerida por MEGAN.

Configuración del modelo

El modelo ha sido configurado con una grilla de 1km² de dimensiones 249 por 267 celdas. Se ha utilizado el Sistema de coordenadas UTM 18S, que es el adecuado para la ubicación geográfica de la zona de estudio.

Se ha preparado los datos de entrada como promedios horarios para cada mes del año 2017. En el caso de la radiación fotosintética activa (PAR), ha sido calculado el promedio horario desde mediciones horarias cada 8 días. Los tipos funcionales de plantas y la clasificación del suelo no varían durante el año.

Figura 53: Definición de la grilla y Zona de estudio



9.2.9 Niveles de Actividad utilizados en la Estimación de Emisiones Evaporativas

La información base, específicamente los niveles de actividad para el caso de fuentes evaporativas residenciales de COV (Solventes de uso doméstico, Pintado arquitectónico y Uso de Adhesivos) y evaporativas residenciales de NH₃ (Respiración humana, Transpiración humana, Pañal desechable de niño < 3 años, Residuos de adultos, Perros y Gatos), y también las siguientes evaporativas comerciales: Actividad Lavasecos, Recubrimiento industrial de superficies (talleres de pintura) e imprenta (artes gráficas) el nivel de actividad que se utilizó corresponde a la población por comuna del año 2017 para la Región del Maule.

Tabla 96: Población Región del Maule por Comuna, Año 2017.

Comuna	Personas Urbana	Personas Rural	Personas (urbana + rural)
TALCA	210.916	9.441	220.357
CONSTITUCIÓN	37.273	8.795	46.068
CUREPTO	3.389	6.059	9.448
EMPEDRADO	3.008	1.134	4.142
MAULE	38.834	10.887	49.721
PELARCO	2.587	5.835	8.422
PENCAHUE	3.438	4.807	8.245
RÍO CLARO	4.413	9.493	13.906
SAN CLEMENTE	21.666	21.603	43.269
SAN RAFAEL	4.968	4.223	9.191
CAUQUENES	33.114	7.327	40.441
CHANCO	3.921	5.007	8.928
PELLUHUE	4.081	3.490	7.571



Comuna	Personas Urbana	Personas Rural	Personas (urbana + rural)
CURICÓ	132.569	16.567	149.136
HUALAÑÉ	5.743	3.914	9.657
LICANTÉN	4.965	1.688	6.653
MOLINA	37.318	8.658	45.976
RAUCO	5.531	4.953	10.484
ROMERAL	6.529	8.658	15.187
SAGRADA FAMILIA	7.886	10.658	18.544
TENO	9.532	19.389	28.921
VICHUQUÉN	1.190	3.132	4.322
LINARES	77.672	15.930	93.602
COLBÚN	9.052	11.713	20.765
LONGAVÍ	9.247	21.287	30.534
PARRAL	30.794	10.843	41.637
RETIRO	7.063	12.911	19.974
SAN JAVIER	32.569	12.978	45.547
VILLA ALEGRE	9.676	6.545	16.221
YERBAS BUENAS	6.187	11.894	18.081
		Total	1.044.950

Fuente: CENSO INE 2017

En el caso de las fuentes evaporativas comerciales depende del tipo de fuente. En el caso de “Aplicación de Fertilizantes” se utilizó la Cantidad de Nitrógeno en masa (ton/año) aplicado a los cultivos en base a las tasas de demanda de la FAO, las siguientes:

Tabla 97: Tasas de demanda de N por tipo de cultivo (FAO).

CHILE	TASA N (kg/ha)
Cebada	100
Remolacha	200
Forraje	45
Frutas	80
Maíz	200
Otros cereales	100
Potata	100
Legumbres	50
Rape (tabaco)	140
Arroz	120
Sorgo (maiz)	80
Girasol	100
Tabaco	100
Verduras	0,1
Trigo	100



Fuente: Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO)

En el caso de “Distribución de Combustible” se utilizó el Reportes estadístico de la SEC, la siguiente información:

Tabla 98: Ventas Totales de ENAP y compañías distribuidoras, ordenadas por mes y por productos para la Región del Maule (m3), Año 2017.

Nombre Combustible	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
GASOLINA_93_S P	10.831	11.774	10.409	9.234	9.502	8.476	9.235	10.328	9.263	10.217	9.171	10.719	119.159
GASOLINA_95_S P	7.553	8.314	6.415	5.448	6.166	5.326	5.916	6.418	5.851	6.942	6.302	6.856	77.507
GASOLINA_97_S P	1.880	1.799	1.650	1.524	1.471	1.598	1.344	1.728	1.844	1.608	1.342	1.746	19.534
GASOLINA_AVIA CION_100-130	6	17	13				5	19	5	14	24	23	126
KEROSENE_AVIA CION	33	46	17	3	0	0	0	0	0	8	7	61	175
KEROSENE_DOM ESTICO	3	12	126	523	797	1.825	1.694	915	300	101	13	9	6.318
P_COMBUSTIBLE _180	29	45	165	147	131	88	60	99	57	71	88	30	1.010
P_COMBUSTIBLE _5	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
P_COMBUSTIBLE _6	3.821	7.026	13.439	9.870	7.538	6.546	6.254	4.466	3.369	2.826	2.289	2.087	69.533
P_DIESEL_A1	0	0	0	0	498	0	0	0	0	0	0	0	498
P_DIESEL_B1	26.494	42.074	41.692	52.661	50.116	27.689	22.491	29.755	31.312	29.338	24.472	27.716	405.810
P_DIESEL_B2	792	682	743	918	844	724	619	797	1.022	896	862	900	9.798
P_DIESEL_INVER NAL	27	37	41	36	31	36	43	32	33	44	45	47	452
TOTAL	51.469	71.827	74.710	80.363	77.140	52.308	47.662	54.558	53.057	52.064	44.616	50.194	709.967

Nota: Se realizó el supuesto de que las estadísticas presentadas por SEC para el año 2016, son equivalentes a las del año 2017, considerando que aún no publican en la página web el informe estadístico del año 2017.

En el caso de “Crianza de Animales” se utilizó las estadísticas pecuarias del INE, las siguientes:

Tabla 99: Cantidad de Animales por Tipo, Año 2017.

Comuna	Bovinos	Ovinos	Cerdos	Caprinos	Aves
Total	164.077	59.696	73.443	30.851	1.507
Talca	2.551	352	287	19	12
Constitución	2.757	721	165	231	60
Curepto	2.531	2.141	600	1.039	31
Empedrado	609	850	324	257	18
Maule	3.976	94	1.026	82	14
Pelarco	11.538	315	259	88	19
Pencahue	2.086	2.175	319	1.154	52
Río Claro	8.716	444	2.155	201	27
San Clemente	13.801	1.849	852	388	181
San Rafael	7.332	1.103	210	102	19
Cauquenes	8.212	10.401	1.037	2.760	102
Chanco	2.374	302	722	115	15
Pelluhue	590	63	210	65	7
Curicó	3.390	321	40.789	247	76
Hualañé	3.631	5.761	252	1.765	27
Licantén	1.118	308	2.425	110	13
Molina	3.487	4.008	4.147	2.348	103
Rauco	943	1.328	174	1.014	16
Romeral	6.121	961	259	1.331	78
Sagrada Familia	1.965	4.783	296	1.948	34
Teno	9.446	1.815	8.669	804	27
Vichuquén	1.113	687	162	509	11
Linares	8.596	503	900	1.679	76
Colbún	5.988	1.463	225	6.685	165
Longaví	12.151	1.513	1.567	2.385	82
Parral	12.104	4.487	1.624	1.500	100
Retiro	10.579	6.630	1.388	898	46
San Javier	7.522	4.201	1.353	1.083	69
Villa Alegre	2.453	95	590	0	10
Yerbas Buenas	6.395	21	457	45	16
Total	328.154	11.393	146.886	61.703	3.015

Fuente: Elaboración Propia en base a Estadísticas Pecuarias INE y Censo Agropecuario 2007

Para Plantas de Aguas Servidas, se utilizó la cantidad de agua promedio por habitante, se supone que en promedio una persona utiliza 11.42 L/hrs de agua. Ref. (SISS).



9.3 Niveles de Actividad utilizados en la Estimación de Fuentes Móviles en Ruta y Fuera de Ruta.

9.3.1 Niveles de Actividad utilizados en la Estimación de Emisiones Fuentes Móviles en Ruta

Para la correcta aplicación de la metodología de cálculo de emisiones de fuentes móviles en ruta se cuenta con información de entrada (Niveles de actividad) al sistema MODEM para las ciudades Curicó, Talca y Linares. Cabe destacar que para el resto las comunas que no se dispone de información detallada para realizar la estimación de emisiones mediante la *“metodología tipo arco para ciudades con modelo de transporte”* se utilizara la metodología tipo zona para ciudades sin modelo de transporte. Adicionalmente serán estimadas las vías interurbanas para las cuales se disponga de información de entrada, tales como plazas de peaje, Plan Nacional de Censos (TMDA) de Vialidad, y cualquier otra información disponible referida a conteos vehiculares en la región de estudio. También serán estimadas las emisiones de fuentes móviles fuera de ruta, principalmente el uso de maquinarias en el sector agropecuario, considerando que en la zona se utilizan diversas maquinarias durante el proceso productivo, y también para el control de heladas durante el periodo invernal.

A continuación, se describen los principales insumos utilizados por las metodologías de cálculo de fuentes móviles en ruta.

Información para ciudades o zonas con Modelo de Transporte (Metodología Tipo Arco)

Esta etapa consiste en la obtención de los archivos de corridas de transporte los cuales son proporcionados por SECTRA para correr el sistema MODEM. Además, se requiere de archivos shapes de las redes viales correspondientes a la zona en estudio y los archivos de nodos.

Composiciones vehiculares: Para la generación de las composiciones vehiculares requeridas por la metodología es necesario descomponer las categorías vehiculares que entrega el



modelo de transporte en tipos más específicos que permitan aplicar los factores de emisión, los cuales consideran el tipo de vehículo y su nivel tecnológico (categorías k en la metodología tipo arco). Para esto se utiliza la información de parque vehicular del INE en combinación con las bases de datos de revisión técnica las que permiten agrupar los vehículos en una zona dada (comuna) según su tipo y año de ingreso lo cual lleva asociada la norma que cumple (EURO I, EURO II, EURO III, etc.). En general todos los arcos de una zona dada tendrán la misma composición tecnológica.

Perfiles Temporales: Los modelos de transporte sólo entregan información de flujo para ciertos períodos de un día laboral (punta, fuera de punta y punta tarde), no obstante, los modelos de emisiones requieren los flujos para las 24 horas del día para todos los días de una semana y para distintos meses del año. Para esto SECTRA ha proporcionado perfiles históricos, contruidos a partir de campañas de conteos vehiculares, los cuales diferencian tipos de vehículos según sentido de circulación en una zona dada (sector). Por otra parte, en general se considera en la metodología MODEM que estos perfiles presentan una baja variabilidad y se recomienda su actualización cada 5 años y para los fines del presente estudio estos serán tomados en forma directa de las bases de datos generadas para el RETC en los años anteriores.

Información para ciudades o zonas con Modelo de Transporte (Metodología Tipo Zona)

Para poder aplicar esta metodología se necesita contar con la siguiente información:

Información de parque vehicular: Principalmente información del INE a nivel comunal, para determinar cuántos vehículos existen en un sector determinado. En general se asume que la cantidad de vehículos que sacan su permiso de circulación en una zona corresponden a los residentes de esa zona. Por tanto, una zona con mucho parque vehicular tendrá muchas partidas en frío durante la mañana y muchas detenciones en caliente durante la tarde.

Matriz Origen - Destino: En general la cantidad de detenciones en caliente durante la mañana en una zona de determinada dependerá de cuantos viajes atrae esa zona, por otra parte, si una zona atrae muchos viajes tendrá a su vez muchas emisiones evaporativas



durante el día y muchas partidas en frío durante la tarde. Para este tipo de emisiones es fundamental contar con información de movilidad del parque durante el día lo cual viene dado por las matrices origen destino que utiliza SECTRA para generar y atraer viajes en sus modelos de transporte, la cual debe ser ingresada como una matriz al sistema MODEM v 5.1.

Otros parámetros metodológicos: Esto se refiere a la actualización de valores que inciden directamente en las ecuaciones de cálculo y que dentro del sistema están asociados a cada tipo de vehículos entre estos tenemos el largo de un viaje promedio y el número de viajes promedio. En general estos valores se han mantenido inalterados con el tiempo ya que su actualización requiere de estudios de transporte específicos.

Otra información que se actualiza: Esto se refiere principalmente a la homologación que debe existir dentro del sistema entre las categorías para las cuales se cuenta con información de parque vehicular (categorías INE) y las categorías para las cuales se estiman las emisiones (categorías MODEM).

Finalmente, el sistema MODEM cuenta con una Matriz de decisión llamada *matriz criterio Origen-Destino* en la cual se definen los horarios para los cuales las emisiones evaporativas dentro de la zona de estudio están determinadas por el parque vehicular origen (parque residente en la zona) o parque vehicular destino (parque que fue atraído a la zona).

Información para ciudades o zonas sin Modelo de Transporte (Metodología Tipo Arco)

Para poder aplicar esta metodología se necesita contar con la siguiente información:

- Parque vehicular de la zona en estudio proveniente del INE.
- Descomposición de los tipos de vehículos por tecnología para lo cual se utiliza la misma metodología utilizada en las ciudades con modelo de transporte para generar las composiciones vehiculares.
- Obtención de kilómetros recorridos promedio por cada categoría vehicular, lo cual debe ser determinado a partir de ciudades que cuentan con modelos de transporte.



Por tanto, en el marco del presente estudio deberán ser actualizadas las tablas de kilómetros recorridos por tipo de vehículos según tamaño del parque.

- Obtención de velocidades promedio de circulación por tipo de vehículos que también es obtenida de las ciudades que cuentan con modelo de transporte según el tamaño del parque vehicular y al igual que en el caso de los kilómetros promedios también deberán ser actualizadas.
- Factores de emisión los cuales serán tomados directamente de los factores actualizados para ciudades con modelo de transporte.

Información para ciudades o zonas sin Modelo de Transporte (Metodología Tipo Zona)

En general para esta metodología los requerimientos de información son idénticos a la de la metodología tipo arco, pero en este caso se requiere estimar factores de emisión promedio por tipo de vehículo.

Información para la red interurbana

Para el caso de las vías urbanas e interurbanas, tales como carreteras y caminos secundarios, la metodología a utilizar será del tipo Bottom Up, y corresponde a la misma descrita en la sección anterior, la diferencia se presenta en el nivel de actividad utilizado, en este caso corresponderá al flujo vehicular por tipo de vehículo, información que será recopilada de diversas fuentes de información.

Se cuenta con la información de las autopistas concesionadas, las cuales generalmente registran el paso de cada vehículo por los distintos pódicos. Además, se cuenta con el Plan Nacional de Censos de Tránsito que se lleva a cabo en los años pares y contempla tres muestras, en Febrero (mes de verano), en Junio (mes de invierno) y en Octubre (mes de primavera), como producto final se entrega el Tránsito Medio Diario Anual que pasa por cada punto censal

En el presente estudio se estimarán las emisiones para el periodo 2017 en las rutas interurbanas pertenecientes a la Región del Maule, y tal como fue descrito en la



metodología se utilizará información real de flujos obtenidos del Tránsito Medio Diario Anual (TMDA) que pasa por los puntos censales pertenecientes a esta región, composición de la flota vehicular, velocidades y contenido de finos, además podrá ser complementada esta información con flujos registrados en plazas de peajes y otros estudios que consideren conteos vehiculares en las rutas interurbanas y secundarias de la región del Maule

A continuación, a modo de ejemplo se lista la información que comúnmente registran las autopistas concesionadas:

- Tramos de la autopista con sus respectivas coordenadas UTM y longitud de cada tramo.
- Puntos censales asociados a cada tramo.
- Flujos vehiculares por categoría vehicular

Dado que en autopistas, peajes y TMDA, generalmente se registran los flujos a nivel vehicular (CCF6) será necesario descomponerlos a nivel tecnológico (CCF8), para ello se utilizará información disponible, la cual dependiendo del nivel de detalle permitirá obtener las categorías tecnológicas de los vehículos, por ejemplo en el caso de las autopistas concesionadas generalmente en cada pórtico se registran las pasadas vehiculares individuales, indicando marca, año y patente.

Posteriormente esta información será complementada con datos de año de fabricación, tipo de vehículo y tipo de combustible proveniente de plantas de revisión técnica, lo cual permitirá obtener datos adicionales requeridos por el modelo de emisiones, principalmente el tipo específico de vehículo y la tecnología. Finalmente es importante señalar que en caso de que el dato de patente no estuviera disponible, la muestra debe ser suficientemente alta para representar la composición real de la autopista, por otra parte, dado el gran volumen de información involucrado y la necesidad de complementar información con otras bases de datos, las composiciones serán determinadas para días característicos del año, considerando su variabilidad horaria, mensual y estacional.



9.3.2 Niveles de Actividad utilizados en la Estimación de Emisiones de Fuentes Móviles Fuera De Ruta (Off Road)

El Nivel de actividad se refiere a la intensidad del uso de la maquinaria y se expresa habitualmente en horas/año [hr/año] y se calculó aplicando la metodología, la cual indica que se debe asignar una cantidad de horas por defecto para cada maquinaria, por lo tanto, es necesario saber el número de maquinarias.

La información del número de maquinarias existentes al año 2017 en la Región del Maule fue obtenida en base a la cantidad de maquinarias que realizaron su trámite en las Plantas de Revisión Técnica de la Región del Maule en el año 2017.

Tabla 100: Cantidad de Maquinarias, Región del Maule, Año 2017

Maquinaria	Cantidad 2017
Cargador Frontal	23
Grúa Horquilla	11
Motoniveladoras	25
Otro Equipo Agrícola	43
Otros industrial general Equipo	233
Rodillos	2
Tractores / Cargadores / Retroexcavadoras	1054
Tractores agrícolas y forestal	63
Total general	1454

Fuente: Plantas de Revisión Técnica de la Región del Maule en el año 2017

9.4 Niveles de Actividad utilizados en la Estimación de Emisiones de Fuentes Fugitivas

9.4.1 Niveles de Actividad utilizados en la Estimación de Emisiones de Polvo Resuspendido en Caminos



Los Niveles de Actividad para el caso de **polvo resuspendido desde calles pavimentadas y no pavimentadas** corresponde al peso promedio del parque vehicular, también es necesario cuantificar el flujo, tipo de vehículos, longitud del arco y el tipo de carpeta, además de algunas variables físicas de la superficie de tránsito tales como la humedad y contenido de silt.

A continuación, se presenta el nivel de actividad utilizado, debido a que este corresponde al peso promedio y a su vez este depende del tamaño del parque vehicular, se presentan el parque y los pesos promedios utilizados:

Tabla 101: Parque Vehicular Año 2017 por Comuna

Comuna	Parque 2017 (veh/año)
Cauquenes	12012
Chanco	2848
Colbún	5.633,00
Constitución	16333
Curepto	3079
Curicó	39.571,00
Empedrado	1936
Hualañé	4480
Licantén	4113
Linares	26.566,00
Longaví	7.079,00
Maule	14307
Molina	10.385,00
Parral	14.269,00
Pelarco	28042
Pelluhue	4139
Pencahue	7.152,00
Rauco	7.346,00
Retiro	3.725,00
Río Claro	7.025,00
Romeral	8.519,00
Sagrada Familia	7.440,00
San Clemente	11.771,00
San Javier	15120
San Rafael	4.267,00
Talca	56349
Teno	7.535,00
Vichuquén	6271
Villa Alegre	3861



Comuna	Parque 2017 (veh/año)
Yerbas Buenas	5.063,00
Total	346.236,00

Fuente: Permisos de Circulación INE, Año 2017

Tabla 102: Flujo Vehicular Año 2017 por Comuna, en Red Interurbana

Comuna	Tipo Carpeta	Flujo Anual	Longitud (kms)
CAUQUENES	Pavimento	361.715	21
CAUQUENES	Pavimento Básico	329.595	18
CAUQUENES	Ripio	5.428.280	29
CHANCO	Pavimento	522.680	73
CHANCO	Ripio	7.686.900	74
CHANCO	Suelo Natural	1.014.335	10
COLBUN	Pavimento	14.682.855	259
COLBUN	Pavimento Básico	394.565	15
COLBUN	Ripio	22.773.810	123
CONSTITUCION	Pavimento	835.850	62
CONSTITUCION	Ripio	1.129.675	27
CUREPTO	Pavimento	1.942.530	18
CUREPTO	Pavimento Básico	141.255	1
CUREPTO	Ripio	37.020.855	50
CURICO	Pavimento	520.490	6
CURICO	Pavimento Básico	2.780.935	23
CURICO	Ripio	10.338.260	46
EMPEDRADO	Pavimento	425.590	1
EMPEDRADO	Ripio	1.101.205	19
EMPEDRADO	Suelo Natural	871.255	24
HUALAÑE	Pavimento	1.683.745	78
HUALAÑE	Ripio	21.264.535	64
LICANTEN	Pavimento	214.255	0
LICANTEN	Ripio	44.530	4
LINARES	Pavimento	12.891.800	55
LINARES	Pavimento Básico	321.200	13
LINARES	Ripio	211.335	7
LONGAVI	Pavimento	351.068.315	3.250
LONGAVI	Pavimento Básico	361.715	21
LONGAVI	Ripio	329.595	18
MAULE	Pavimento	5.428.280	29
MAULE	Ripio	522.680	73
MOLINA	Pavimento	7.686.900	74
MOLINA	Ripio	1.014.335	10
PARRAL	Pavimento	14.682.855	259
PARRAL	Pavimento Básico	394.565	15
PARRAL	Ripio	22.773.810	123
PARRAL	Suelo Natural	835.850	62
PELARCO	Pavimento	1.129.675	27

Comuna	Tipo Carpeta	Flujo Anual	Longitud (kms)
PELARCO	Pavimento Básico	1.942.530	18
PELARCO	Ripio	141.255	1
PELLUHUE	Pavimento	37.020.855	50
PELLUHUE	Pavimento Básico	520.490	6
PENCAHUE	Pavimento	2.780.935	23
PENCAHUE	Ripio	10.338.260	46
RAUCO	Pavimento	425.590	1
RAUCO	Pavimento Básico	1.101.205	19
RETIRO	Pavimento	871.255	24
RETIRO	Pavimento Básico	1.683.745	78
RETIRO	Ripio	21.264.535	64
RIO CLARO	Pavimento	214.255	0
RIO CLARO	Pavimento Básico	44.530	4
RIO CLARO	Ripio	12.891.800	55
ROMERAL	Pavimento	321.200	13
ROMERAL	Ripio	211.335	7
SAGRADA FAMILIA	Pavimento	351.068.315	3.250
SAGRADA FAMILIA	Pavimento Básico	361.715	21
SAN CLEMENTE	Pavimento	329.595	18
SAN CLEMENTE	Ripio	5.428.280	29
SAN JAVIER	Pavimento	522.680	73
SAN JAVIER	Ripio	7.686.900	74
SAN RAFAEL	Pavimento	1.014.335	10
SAN RAFAEL	Pavimento Básico	14.682.855	259
SAN RAFAEL	Ripio	394.565	15
TALCA	Pavimento	22.773.810	123
TALCA	Pavimento Básico	835.850	62
TALCA	Ripio	1.129.675	27
TENO	Pavimento	1.942.530	18
TENO	Pavimento Básico	141.255	1
VICHUQUEN	Pavimento	37.020.855	50
VICHUQUEN	Pavimento Básico	520.490	6
VICHUQUEN	Ripio	2.780.935	23
VILLA ALEGRE	Pavimento	10.338.260	46
VILLA ALEGRE	Pavimento Básico	425.590	1
VILLA ALEGRE	Ripio	1.101.205	19
YERBAS BUENAS	Pavimento	871.255	24
YERBAS BUENAS	Pavimento Básico	1.683.745	78
YERBAS BUENAS	Ripio	21.264.535	64
Total general		214.255	0

Fuente: Plan Nacional de Censos Vialidad (PNC), Año 2016

Nota: Se realizó el supuesto de que las estadísticas presentadas en el PNC para el año 2016, son equivalentes a las del año 2017, considerando que es la última información disponible a la fecha.



Tabla 103: Peso promedio por categoría vehicular

Categoría Vehicular (CCF6)	Peso Promedio en Movimiento (ton)
Vehículos particulares	1,2
Vehículos de alquiler	1,2
Vehículos comerciales de uso particular	2
Camiones livianos	7,5
Camiones medianos	12
Motocicletas	0,2
Buses interurbanos	14
Taxis colectivos	1,2
Buses licitados urbanos	14
Camiones pesados	45
Buses rurales	14
Buses particulares e institucionales	14
Vehículos comerciales de uso de empresas	2
Vehículos Medianos	12

Fuente: "Manual para Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas" desarrollado por el MMA

9.4.2 Niveles de Actividad utilizados en la Estimación de Emisiones Preparación de Terrenos Agrícolas

El nivel de actividad en este caso corresponde a la superficie por tipo de cultivo, la cual se obtuvo en base a las estadísticas agrarias del INE, y Censo Agropecuario 2007.

Tabla 104: Superficie por Tipo de Cultivo (ha) Región del Maule, Año 2017.

Comuna	Cereales	Frutales	Hortalizas	Industriales	Leguminosas y tubérculos
Cauquenes	1.936,71	540,56	31,18	0,00	147,68
Chanco	1.047,30	296,74	0,60	0,00	524,75
Colbún	3.386,42	3.138,68	199,66	933,64	681,31
Constitución	126,53	38,49	6,06	0,00	81,28
Curepto	962,30	463,97	68,70	138,00	520,09
Curicó	1.024,81	9.938,12	740,93	37,61	151,78
Empedrado	101,98	6,71	2,13	0,00	34,86
Hualañé	1.076,28	52,16	96,36	419,62	88,61
Licantén	233,06	76,46	8,32	21,37	379,63
Linares	6.839,90	2.260,49	556,26	404,84	566,94
Longaví	9.384,06	3.811,54	941,73	1.760,91	1.553,60
Maule	696,15	682,29	1.654,12	161,81	168,55



Comuna	Cereales	Frutales	Hortalizas	Industriales	Leguminosas y tubérculos
Molina	1.017,64	5.821,24	135,45	221,78	148,79
Parral	16.557,59	1.130,50	118,48	1.538,40	694,08
Pelarco	1.722,03	871,48	600,87	870,75	502,21
Pelluhue	166,33	40,13	0,19	0,00	157,00
Pencahue	1.752,10	2.846,37	455,11	522,69	8,88
Rauco	801,48	1.164,93	370,65	136,05	16,88
Retiro	7.723,24	2.309,61	539,31	1.001,91	885,06
Río Claro	1.960,82	5.832,38	44,95	340,36	274,81
Romeral	140,59	6.514,48	2,12	86,71	62,85
Sagrada Familia	1.298,96	3.313,76	446,29	997,02	79,06
San Clemente	4.646,34	3.785,99	932,38	1.204,02	1.148,32
San Javier	2.657,63	930,20	310,00	16,49	690,79
San Rafael	1.447,45	3.154,24	686,92	141,42	116,36
Talca	1.161,40	863,63	1.113,58	237,65	195,53
Teno	2.855,53	5.581,97	392,26	1.806,22	307,01
Vichuquén	122,10	72,92	1,59	0,00	30,20
Villa Alegre	2.723,26	689,06	168,40	53,12	122,03
Yerbas Buenas	4.155,03	3.081,08	217,00	1.030,61	858,08
Total	79.725,00	69.310,19	10.841,58	14.083,00	11.197,00

Fuente: Elaboración Propia en base a Estadísticas Agrarias INE y Censo Agropecuario 2007

9.4.3 Niveles de Actividad utilizados en la Estimación de Producción de Áridos

El nivel de actividad en este caso corresponde al volumen de áridos extraídos o procesados.

Tabla 105: Volumen de Áridos, extracción

TIPO	EMPRESA	VOLUMEN (m3)
EXTRACCION	Luis Lupallante Villalobos	1584
EXTRACCION	Constructora Arial Ltda.	8231

Fuente: Municipio de Linares

Tabla 106: Volumen de Áridos, producción

TIPO	EMPRESA	VOLUMEN (m3)
PRODUCCION	LUIS LUPALLANTE VILLALOBOS	3117
PRODUCCION	CONSTRUCTORA SAN ANDRES LTDA	7322

Fuente: Municipio de Linares



9.4.4 Niveles de Actividad utilizados en la Estimación de Construcción de Caminos

El nivel de actividad en este caso corresponde a la superficie de construcción de caminos.

Tabla 107: Superficie de construcción de caminos

COMUNA	Nº DE LA FICHA	SUPERF. (m2)
CURICÓ	110232	7065
CURICÓ	110237	844
CURICÓ	110233	988
LICANTÉN	130332	2150
RAUCO	138246	1106
RAUCO	138247	723
RAUCO	138245	980
SAGRADA FAMILIA	138220	5947
VICHUQUEN	138105	3359
VICHUQUEN	138109	2765
VICHUQUEN	138107	551
HUALAÑE	116840	828
TENO	138153	4001
MOLINA	138401	76
MOLINA	138402	201
MOLINA	138405	587
MOLINA	138141	1537
MOLINA	138403	267,5
ROMERAL	138076	1201
ROMERAL	138074	265
ROMERAL	138077	2171
ROMERAL	138078	324
ROMERAL	138072	438
TALCA	138092	480
TALCA	138087	802
TALCA	138091	807
TALCA	138089	463
TALCA	138093	499
EMPEDRADO	138083	1039
SAN CLEMENTE	138183	3723
CONSTITUCIÓN	138115	412
CONSTITUCIÓN	138164	1185
CONSTITUCIÓN	138163	780
CONSTITUCIÓN	138124	427
CONSTITUCIÓN	138125	1816
CONSTITUCIÓN	138129	147
RIO CLARO	138131	2315
MAULE	138481	136
MAULE	138482	2558
MAULE	138477	848

COMUNA	Nº DE LA FICHA	SUPERF. (m2)
MAULE	138476	1555
MAULE	138480	1481
PENCAHUE	138025	1901
PENCAHUE	138026	754,7
PENCAHUE	138027	420
PENCAHUE	138029	772,3
PENCAHUE	138024	661
PENCAHUE	138023	378
LINARES	131889	3664
LINARES	131895	1339
RETIRO	110078	1137
RETIRO	110081	475
RETIRO	110080	1715
VILLA ALEGRE	138195	557
VILLA ALEGRE	138193	351
YERBAS BUENAS	138229	1263
YERBAS BUENAS	138231	1220
YERBAS BUENAS	138230	1810
PARRAL	138034	557
PARRAL	138211	237
PARRAL	138033	993
PARRAL	138213	1382
PARRAL	138206	570
PARRAL	138212	514
COLBÚN	138054	3868
PELLUHUE	138412	827
PELLUHUE	138413	5140
CAUQUENES	138005	1113
CAUQUENES	138004	2279
COLBÚN	138426	2767
COLBÚN	138433	5507
CONSTITUCIÓN	138167	392
CONSTITUCIÓN	138166	1195
CONSTITUCIÓN	138165	1418
CURICÓ	138170	241
CURICÓ	138469	1892
CURICÓ	138473	347
CURICÓ	138180	1335
CURICÓ	138468	2624
CURICÓ	138470	235
CURICÓ	138475	723
CURICÓ	138472	761
HUALAÑE	138453	1270
LICANTÉN	138390	1595
LICANTÉN	138391	2151
LINARES	138354	723
LINARES	138351	2395
LINARES	138357	1115
LINARES	138355	745
LINARES	138356	380
LINARES	138359	1261

COMUNA	Nº DE LA FICHA	SUPERF. (m2)
LINARES	138352	650
MAULE	110281	650
MOLINA	138263	4114
MOLINA	138262	4071
MOLINA	138264	2332
MOLINA	138265	396
PARRAL	138251	241
PARRAL	138041	378
PARRAL	138047	787
PARRAL	138040	441
PARRAL	138038	203
PENCAHUE	138284	2049
PENCAHUE	138282	379
PENCAHUE	138283	596
RAUCO	138379	228
RAUCO	138380	5157
RETIRO	138367	1057
RETIRO	138368	1008
RIO CLARO	138294	750
SAGRADA FAMILIA	138440	5464
SAN CLEMENTE	138305	3752
SAN JAVIER	138492	3182
TALCA	138096	5437
TALCA	138098	658
TENO	138334	5050
VICHUQUEN	138324	312
VICHUQUEN	138318	596
VICHUQUEN	138321	2530
VICHUQUEN	138320	1636
VICHUQUEN	138322	837
VICHUQUEN	138323	1304

Fuente: MINVU

9.4.5 Niveles de Actividad utilizados en la Estimación de Edificios y Viviendas

El nivel de actividad en este caso corresponde a la superficie de edificación

Tabla 108: Superficie de Edificación

COMUNA	Superficie 2017 (m2)
CAUQUENES	48185,367
CHANCO	6481,794
COLBÚN	12238,528
CONSTITUCIÓN	40177,045
CUREPTO	11553,062



COMUNA	Superficie 2017 (m2)
CURICÓ	255084,668
EMPEDRADO	1398,491
HUALAÑÉ	8209,941
LICANTÉN	8782,402
LINARES	77226,767
LONGAVÍ	35426,755
MAULE	26648,428
MOLINA	46533,898
PARRAL	29276,322
PELARCO	7706,189
PELLUHUE	9867,141
PENCAHUE	7002,103
RAUCO	5542,278
RETIRO	18648,712
RÍO CLARO	4335,274
ROMERAL	23543,726
SAGRADA FAMILIA	18549,746
SAN CLEMENTE	24507,814
SAN JAVIER	68379,408
SAN RAFAEL	4564,014
TALCA	164047,983
TENO	35140,03
VICHUQUÉN	9270,211
VILLA ALEGRE	6085,585
YERBAS BUENAS	14406,831

Fuente: Estadísticas de Edificación INE

10. Anexo 4: Datos y Simulaciones Estaciones Consideradas

Se incluyen los datos y simulaciones para todas las estaciones consideradas en este trabajo.

Figura 53: Ciclo diario de viento para la estación Curicó

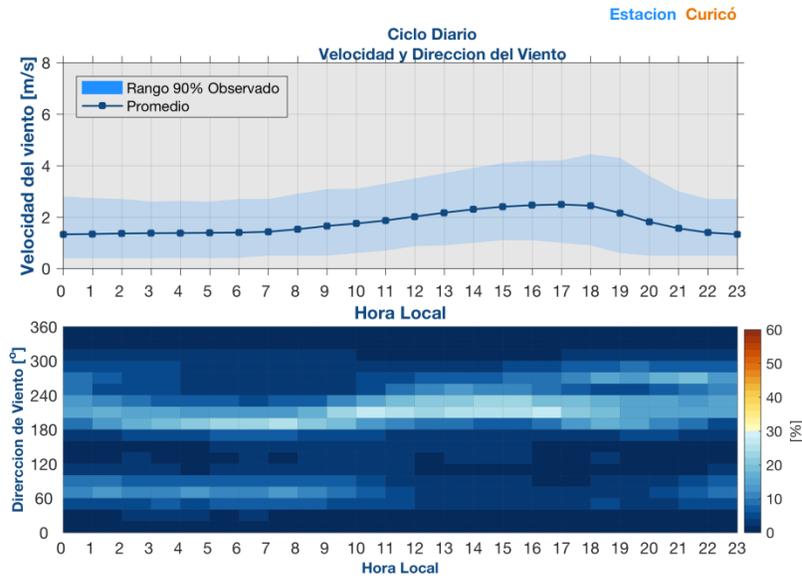


Gráfico superior: velocidad del viento promedio (línea azul) y rango del 90% observado (sombra celeste). Gráfico inferior: ciclo diario de la frecuencia de dirección de viento en unidades de porcentaje.

Figura 54: Ciclo diario de viento para la estación Linares

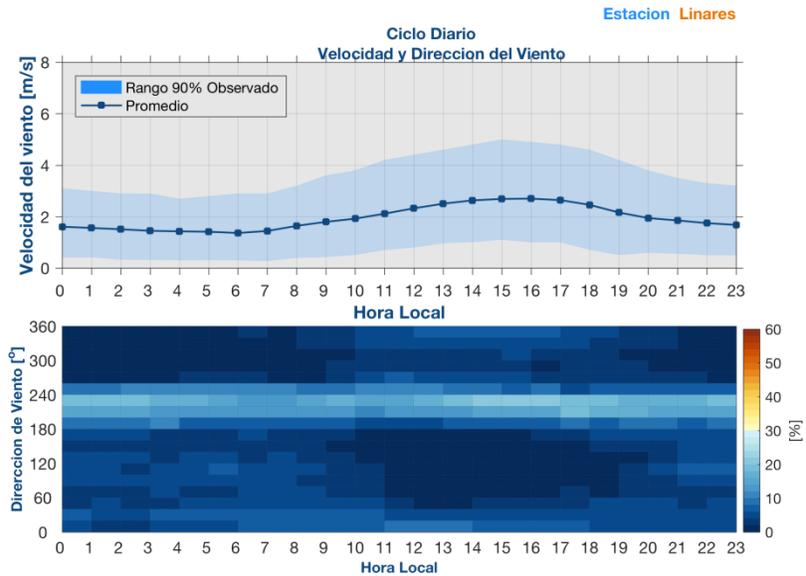


Gráfico superior: velocidad del viento promedio (línea azul) y rango del 90% observado (sombra celeste). Gráfico inferior: ciclo diario de la frecuencia de dirección de viento en unidades de porcentaje.

Figura 55: Ciclo diario de viento para la estación Talca La Florida

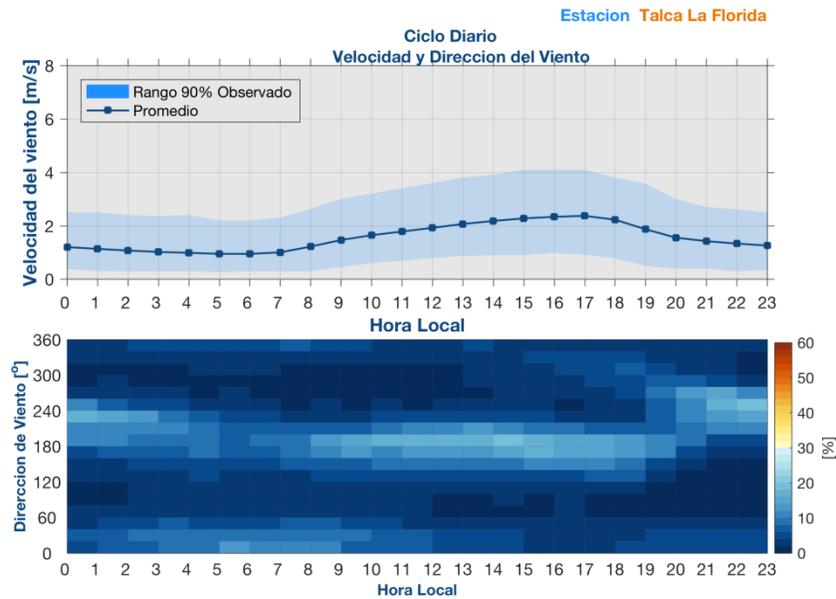




Gráfico superior: velocidad del viento promedio (línea azul) y rango del 90% observado (sombra celeste). Gráfico inferior: ciclo diario de la frecuencia de dirección de viento en unidades de porcentaje.

Figura 56: Ciclo diario de viento para la estación UC Maule

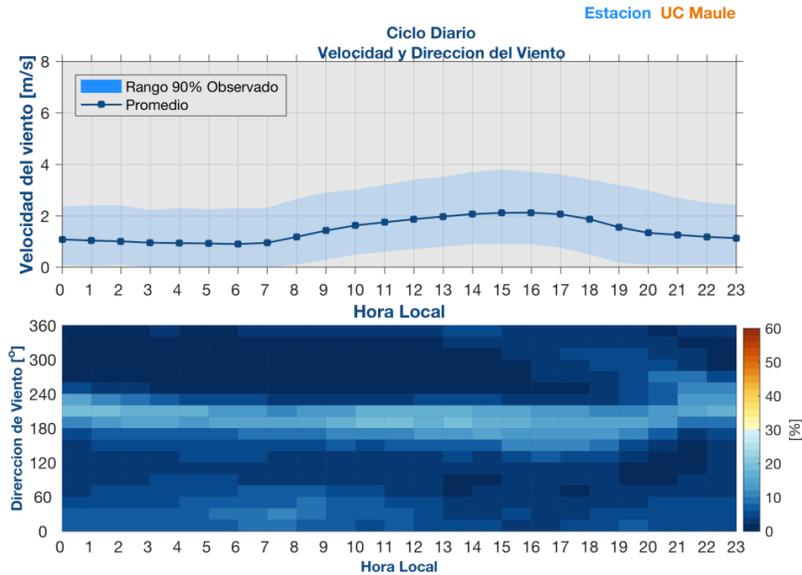


Gráfico superior: velocidad del viento promedio (línea azul) y rango del 90% observado (sombra celeste). Gráfico inferior: ciclo diario de la frecuencia de dirección de viento en unidades de porcentaje.

Figura 57: Ciclo diario de viento para la estación U Talca

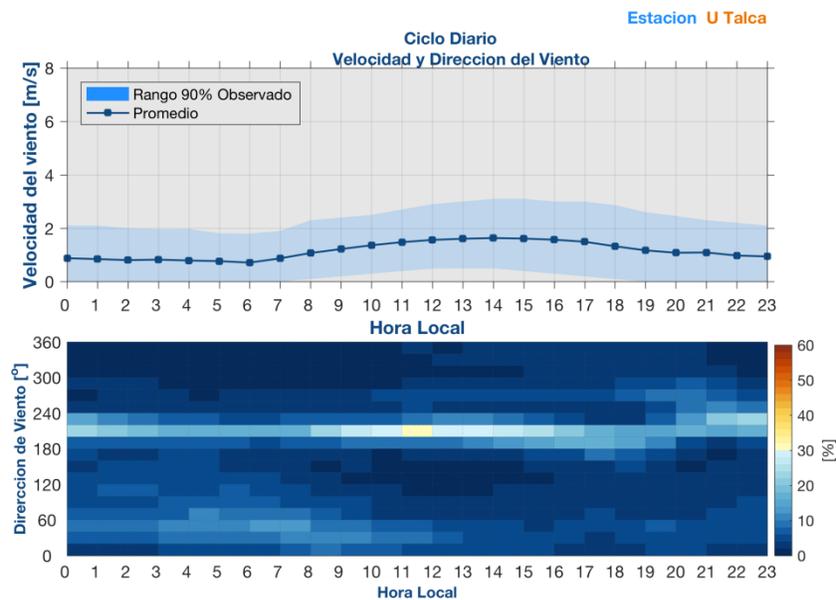
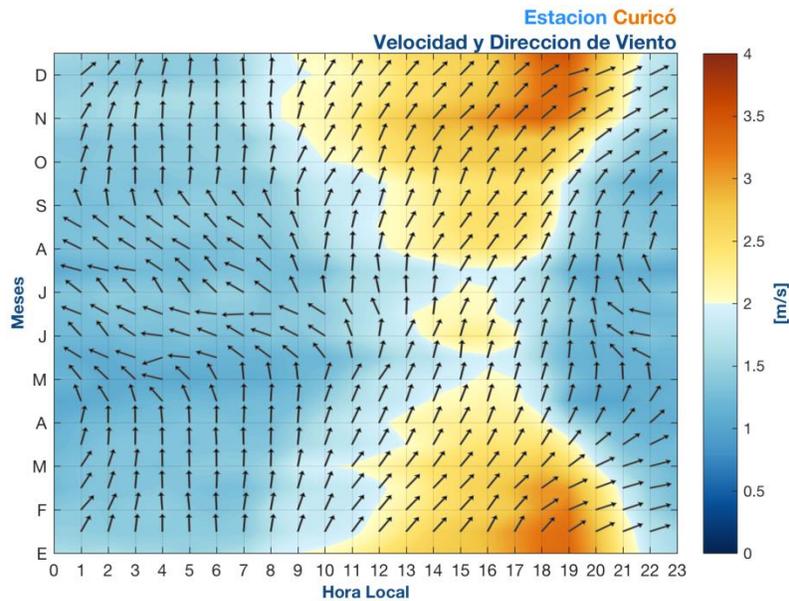




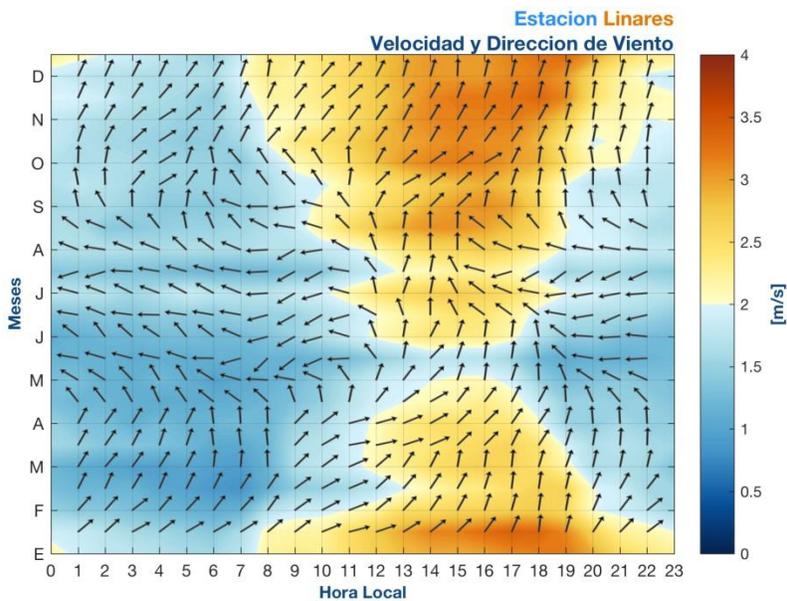
Gráfico superior: velocidad del viento promedio (línea azul) y rango del 90% observado (sombra celeste). Gráfico inferior: ciclo diario de la frecuencia de dirección de viento en unidades de porcentaje.

Figura 58: Ciclo estacional del ciclo diario de viento (velocidad y dirección) para la estación Curicó



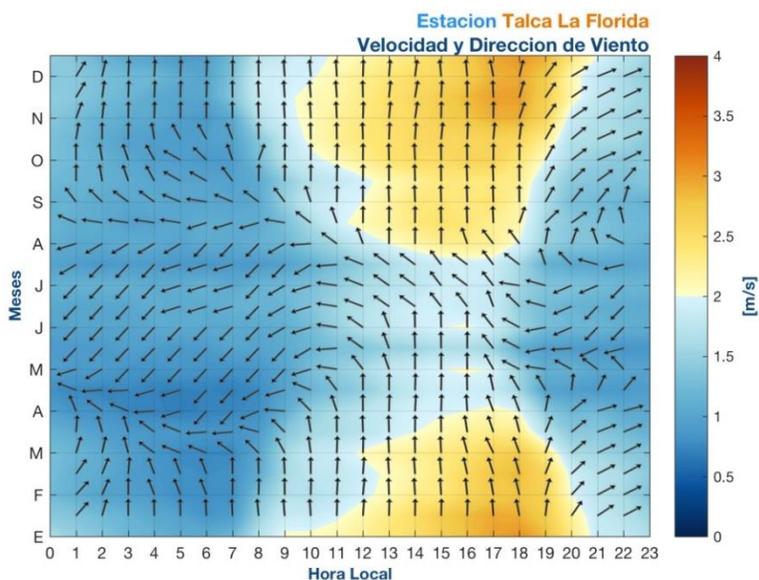
Los colores indican la velocidad del viento y las líneas con flecha la dirección. La dirección del viento se debe interpretar considerando que el viento sopla en el sentido de la flecha.

Figura 59: Ciclo estacional del ciclo diario de viento (velocidad y dirección) para la estación Linares



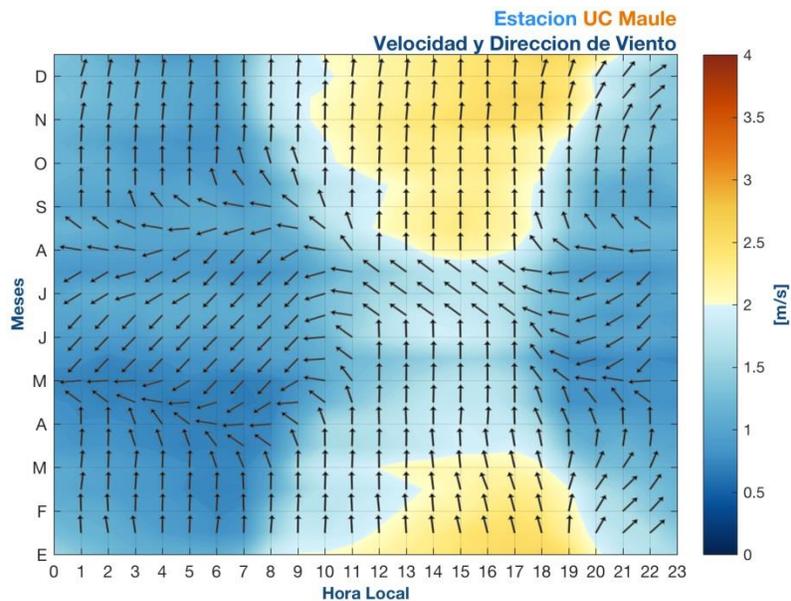
Los colores indican la velocidad del viento y las líneas con flecha la dirección. La dirección del viento se debe interpretar considerando que el viento sopla en el sentido de la flecha.

Figura 60: Ciclo estacional del ciclo diario de viento (velocidad y dirección) para la estación Talca La Florida



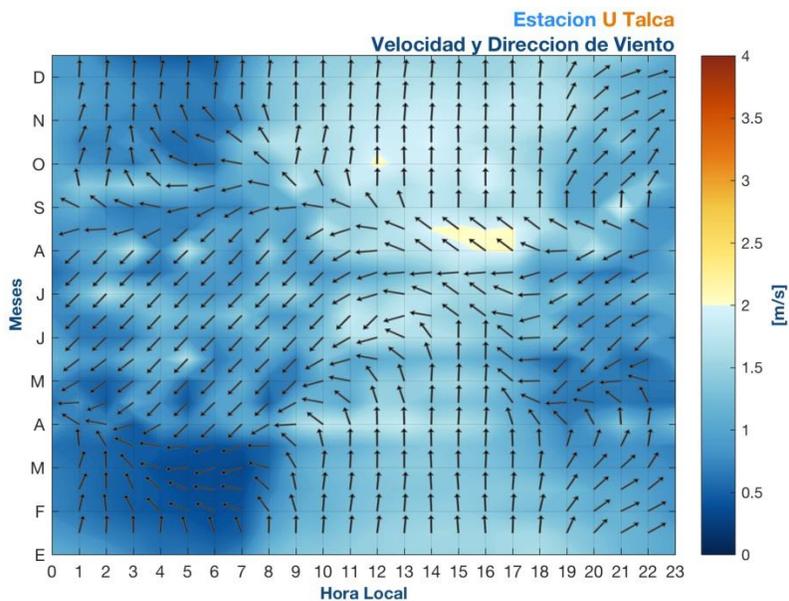
Los colores indican la velocidad del viento y las líneas con flecha la dirección. La dirección del viento se debe interpretar considerando que el viento sopla en el sentido de la flecha.

Figura 61: Ciclo estacional del ciclo diario de viento (velocidad y dirección) para la estación UC Maule



Los colores indican la velocidad del viento y las líneas con flecha la dirección. La dirección del viento se debe interpretar considerando que el viento sopla en el sentido de la flecha.

Figura 62: Ciclo estacional del ciclo diario de viento (velocidad y dirección) para la estación U Talca



Los colores indican la velocidad del viento y las líneas con flecha la dirección. La dirección del viento se debe interpretar considerando que el viento sopla en el sentido de la flecha.

Figura 63: Ciclo diario de viento modelado con WRF para la estación Curicó

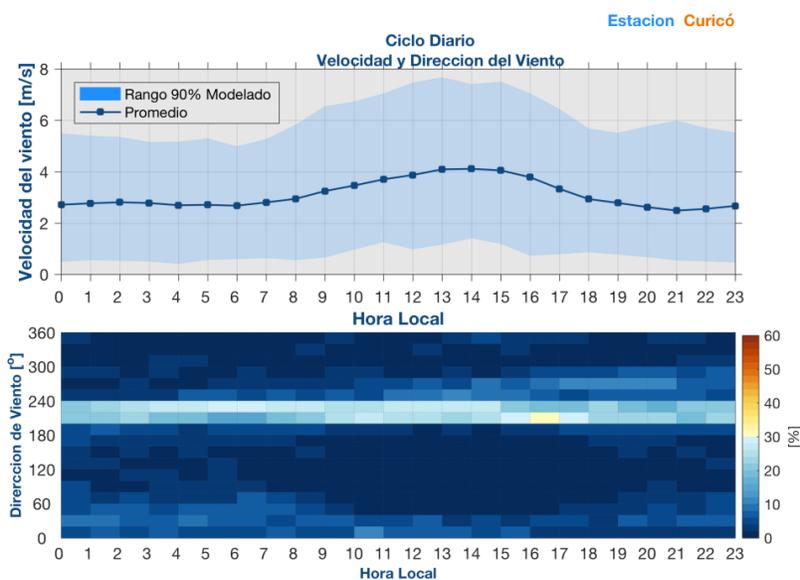




Gráfico superior: velocidad del viento promedio (línea azul) y rango del 90% observado (sombra celeste). Gráfico inferior: ciclo diario de la frecuencia de dirección de viento en unidades de porcentaje.

Figura 64: Ciclo diario de viento modelado con WRF para la estación Linares

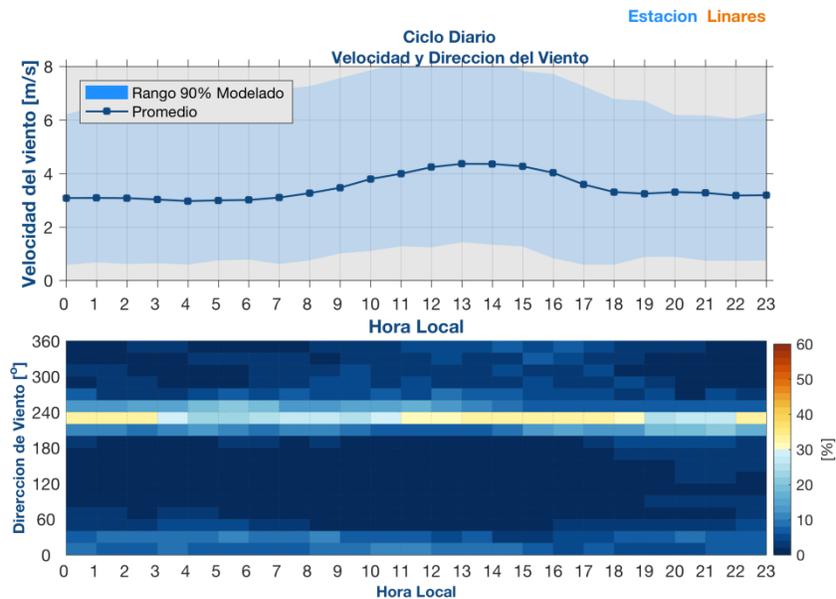


Gráfico superior: velocidad del viento promedio (línea azul) y rango del 90% observado (sombra celeste). Gráfico inferior: ciclo diario de la frecuencia de dirección de viento en unidades de porcentaje.

Figura 65: Ciclo diario de viento modelado con WRF para la estación Talca La Florida

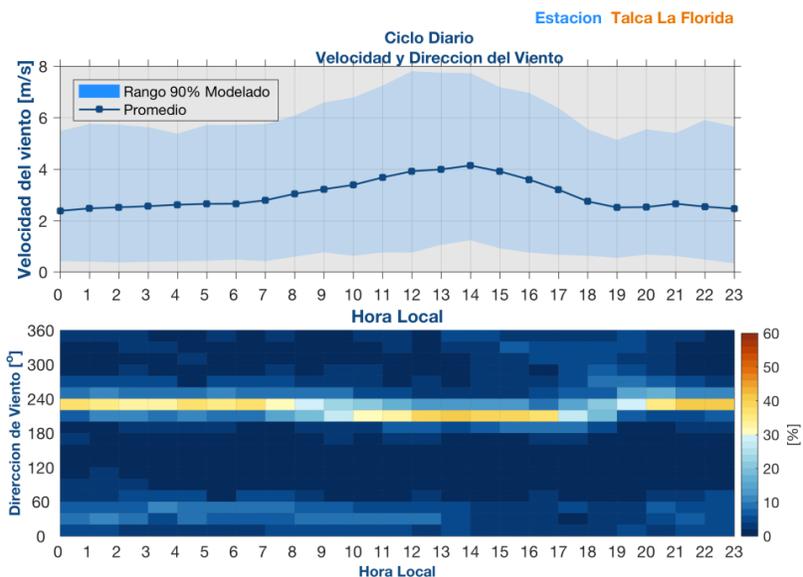


Gráfico superior: velocidad del viento promedio (línea azul) y rango del 90% observado (sombra celeste). Gráfico inferior: ciclo diario de la frecuencia de dirección de viento en unidades de porcentaje.

Figura 66: Ciclo diario de viento modelado con WRF para la estación UC Maule

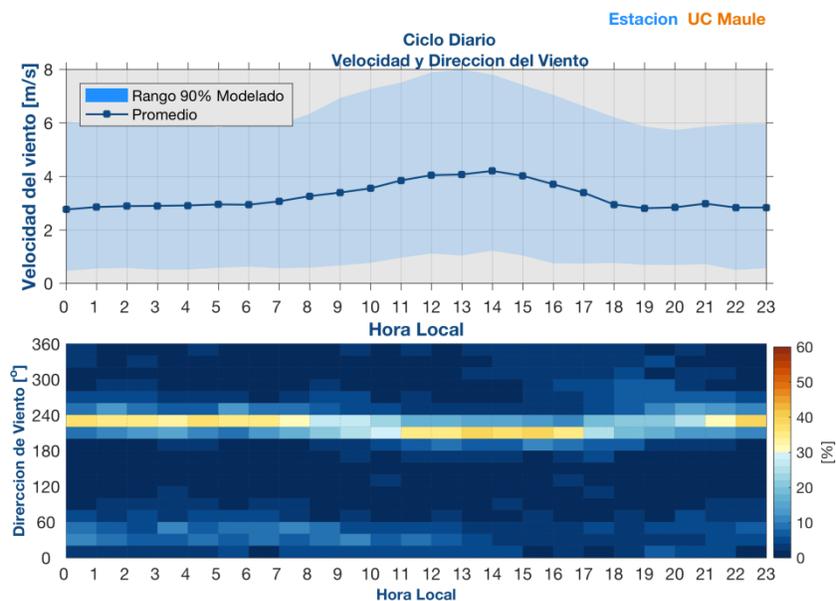




Gráfico superior: velocidad del viento promedio (línea azul) y rango del 90% observado (sombra celeste). Gráfico inferior: ciclo diario de la frecuencia de dirección de viento en unidades de porcentaje.

Figura 67: Ciclo diario de viento modelado con WRF para la estación U Talca

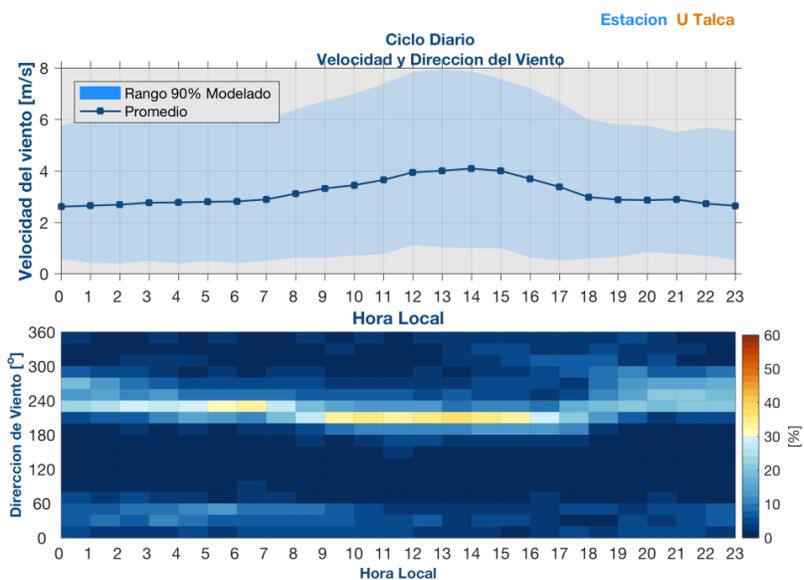
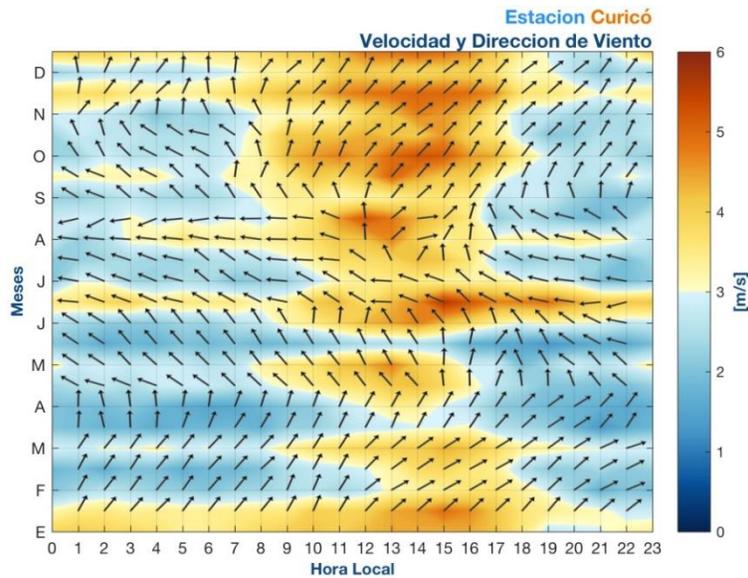


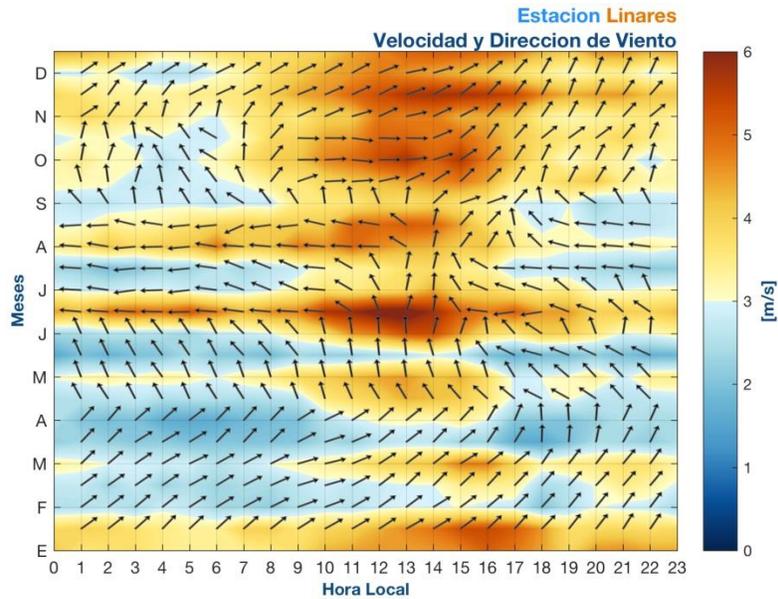
Gráfico superior: velocidad del viento promedio (línea azul) y rango del 90% observado (sombra celeste). Gráfico inferior: ciclo diario de la frecuencia de dirección de viento en unidades de porcentaje.

Figura 68: Ciclo estacional del ciclo diario de viento (velocidad y dirección) modelado con WRF para la estación Curicó



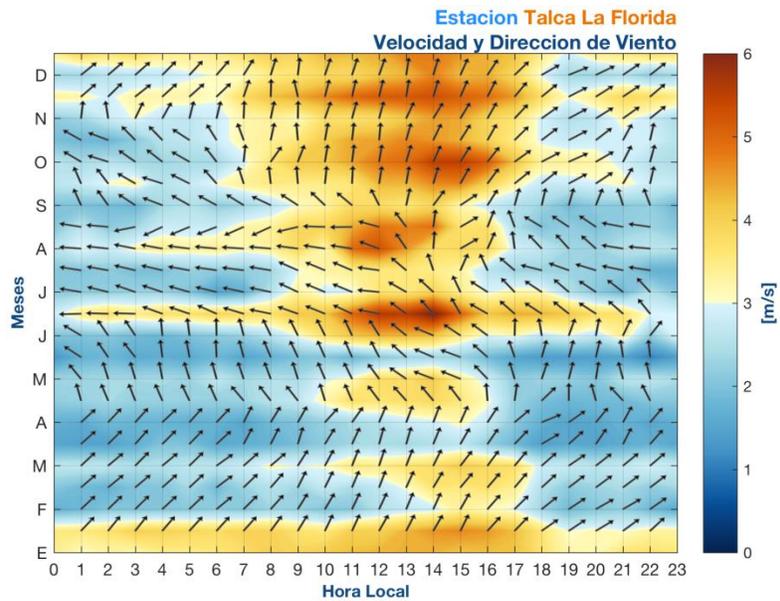
Los colores indican la velocidad del viento y las líneas con flecha la dirección. La dirección del viento se debe interpretar considerando que el viento sopla en el sentido de la flecha.

Figura 69: Ciclo estacional del ciclo diario de viento (velocidad y dirección) modelado con WRF para la estación Linares



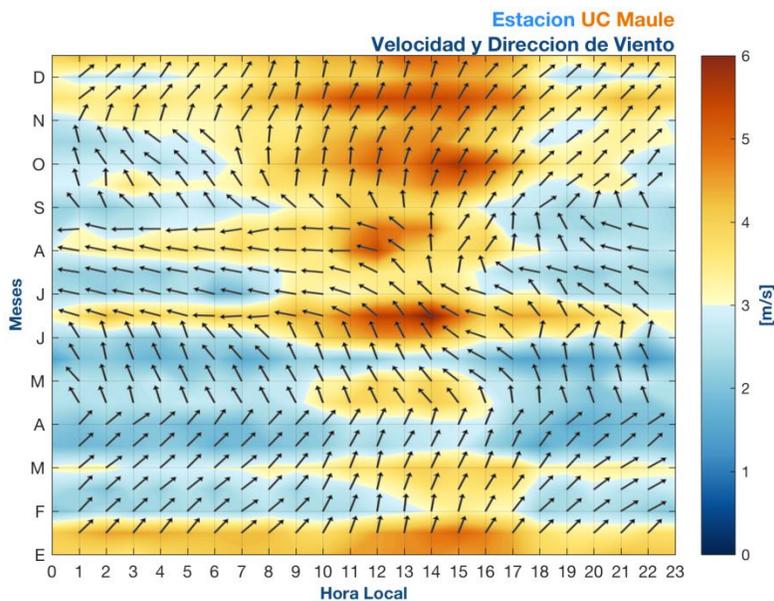
Los colores indican la velocidad del viento y las líneas con flecha la dirección. La dirección del viento se debe interpretar considerando que el viento sopla en el sentido de la flecha.

Figura 70: Ciclo estacional del ciclo diario de viento (velocidad y dirección) modelado con WRF para la estación Talca La Florida



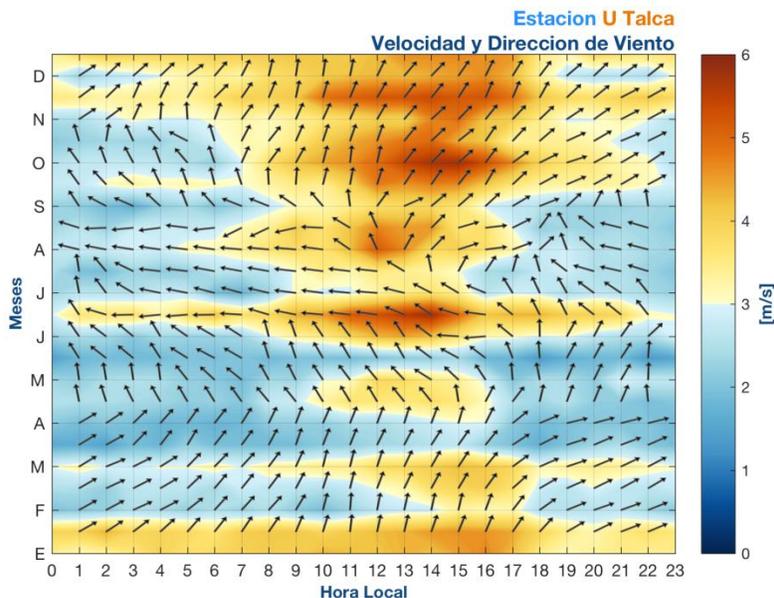
Los colores indican la velocidad del viento y las líneas con flecha la dirección. La dirección del viento se debe interpretar considerando que el viento sopla en el sentido de la flecha.

Figura 71: Ciclo estacional del ciclo diario de viento (velocidad y dirección) modelado con WRF para la estación UC Maule



Los colores indican la velocidad del viento y las líneas con flecha la dirección. La dirección del viento se debe interpretar considerando que el viento sopla en el sentido de la flecha.

Figura 72: Ciclo estacional del ciclo diario de viento (velocidad y dirección) modelado con WRF para la estación U Talca





Los colores indican la velocidad del viento y las líneas con flecha la dirección. La dirección del viento se debe interpretar considerando que el viento sopla en el sentido de la flecha.

Tabla 109: Tabla comparativa de las variables de Viento mínimo y máximo diario (Magnitud de viento [m/s]), tanto para las observaciones como para WRF y sus respectivos sesgos, para todas las estaciones.

Receptores	Observado		WRF		Sesgo	
	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx
Curicó	1,3	2,5	2,5	4,1	+1,2	+1,6
Talca La Florida	0,9	2,4	2,4	4,1	+1,4	+1,8
UC Maule	0,9	2,1	2,8	4,2	+1,9	+2,1
U Talca	0,7	1,6	2,6	4,1	+1,9	+2,5
Linares	1,4	2,7	3	4,4	+1,6	+1,7



11. Anexo 5: Comparación de Estudios Disponibles

A continuación, se presentan tablas resúmenes, con el objetivo de comparar los tres estudios disponibles para los distintos tipos de fuentes consideradas, además de las metodologías, resultados y conclusiones.

Tabla 110: Comparación de tipos de fuentes consideradas

Tipo de Fuente	SISTAM 2014	AMBIOSIS 2009	UdeC 2014
Fuentes Estacionarias Puntuales (Combustión y Procesos).	x	x	x
Combustión Residencial de Leña	x	x	x
Combustión Residencial GLP, GC, GN, y Kerosene	x	x	
Fuentes Evaporativas Residencial	x	x	
Fuentes Evaporativas Comercial (Distribución de combustible)	x	x	
Fuentes Evaporativas Comercial (Actividad Lavasecos)	x	x	
Fuentes Evaporativas Comercial (Recubrimiento industrial de superficies)	x	x	
Fuentes Evaporativas Comercial (Aplicación de asfalto)	x	x	
Quemas Agrícolas e Incendios Forestales	x	x	
Actividades Biogénicas	x	x	
Fuentes Móviles en Ruta (ciudades con modelo de transporte)	x	x	x
Fuentes Móviles en Ruta (ciudades sin modelo de transporte)	x		x
Fuentes Móviles en Ruta (interurbana)	x	x	
Fuentes Móviles Fuera de Ruta (Off Road)	x	x	
Fracción Gruesa del Material Particulado (caminos pavimentados)	x	x	x
Fracción Gruesa del Material Particulado (caminos no pavimentados)	x	x	x
Fracción Gruesa del Material Particulado (construcción)	x	x	
Fracción Gruesa del Material Particulado (áridos)	x	x	
Fracción Gruesa del Material Particulado (preparación de terrenos agrícolas)	x	x	
Plantas de Aguas Servidas	x	x	
Cigarrillos	x		
Fertilizantes	x	x	
Crianza de Animales	x	x	

A continuación, se presenta una tabla comparativa con las fuentes de información metodológicas utilizadas en la elaboración de los tres inventarios de emisiones:



Tabla 111: Comparación de fuentes de información de metodologías por tipo de fuente

Tipo de Fuente	SISTAM 2014	AMBIOSIS 2009	UdeC 2014
Fuentes Estacionarias Puntuales (Combustión y Procesos).	Guía Metodológica RETC (MMA, MINSAL y SECTRA) y AP-42 (USEPA)	AP-42 (USEPA)	AP-42 (USEPA)
Combustión Residencial de Leña	AP-42 (USEPA)	AP-42 (USEPA)	AP-42 (USEPA)
Combustión Residencial GLP, GC, GN, y Kerosene	AP-42 (USEPA) y CARB	AP-42 (USEPA) y CARB	
Fuentes Evaporativas Residencial	AP-42 (USEPA)	AP-42 (USEPA)	
Fuentes Evaporativas Comercial (Distribución de combustible)	AP-42 (USEPA)	AP-42 (USEPA)	
Fuentes Evaporativas Comercial (Actividad Lavasecos)	AP-42 (USEPA)		
Fuentes Evaporativas Comercial (Recubrimiento industrial de superficies)	AP-42 (USEPA)	AP-42 (USEPA)	
Fuentes Evaporativas Comercial (Aplicación de asfalto)	AP-42 (USEPA)	AP-42 (USEPA)	
Quemas Agrícolas e Incendios Forestales	CARB	CARB	
Actividades Biogénicas	National Center for Atmospheric Research (NCAR, EEUU)	Modelo Global COV, Alex Guenther	
Fuentes Móviles en Ruta (ciudades con modelo de transporte)	Metodología SECTRA (MODEM 5.1)	Metodología SECTRA (MODEM 2.0)	Metodología SECTRA, DICTUC 2008
Fuentes Móviles en Ruta (ciudades sin modelo de transporte)	Guía Metodológica RETC (MMA, MINSAL y SECTRA)		Metodología SECTRA, DICTUC 2008
Fuentes Móviles en Ruta (interurbana)	Guía Metodológica RETC (MMA, MINSAL y SECTRA)	Metodología SECTRA, DICTUC 2008	
Fuentes Móviles Fuera de Ruta (Off Road)	Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling-Compression-Ignition (USEPA)	Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling-Compression-Ignition (USEPA)	
Fracción Gruesa del Material Particulado (camino pavimentados)	Guía Metodológica RETC (MMA, MINSAL y SECTRA) y AP-42 (USEPA)	AP-42 (USEPA)	AP-42 (USEPA)
Fracción Gruesa del Material Particulado (camino no pavimentados)	Guía Metodológica RETC (MMA, MINSAL y SECTRA) y AP-42 (USEPA)	AP-42 (USEPA)	AP-42 (USEPA)
Fracción Gruesa del Material Particulado (construcción)	AP-42 (USEPA)	AP-42 (USEPA)	
Fracción Gruesa del Material Particulado (áridos)	AP-42 (USEPA)		
Fracción Gruesa del Material Particulado (preparación de terrenos agrícolas)	CARB	CARB	
Plantas de Aguas Servidas	AP-42 (USEPA)	AP-42 (USEPA)	
Cigarrillos	CARB		
Fertilizantes	AP-42 (USEPA)	AP-42 (USEPA)	
Crianza de Animales	Current and Future Emissions of Ammonia in China, Zbigniew Klimont (USEPA)	Current and Future Emissions of Ammonia in China, Zbigniew Klimont (USEPA)	

En resumen, se concluye que para fuentes puntuales la fuente de información metodológicas corresponde al AP-42 de la EPA; para fuentes móviles se utiliza MODEM de



SECTRA; para maquinaria se utiliza metodología NONROAD de la EPA; para la mayoría de fuentes areales y fracción gruesa de material particulado la principal fuente de información es el AP-42 de la EPA y CARB solo en el caso de preparación de terrenos agrícolas; para las quemas y actividades agrícolas e incendios forestales se utiliza la CARB; para crianza de animales y fertilizantes se utiliza información de la EPA, finalmente para fuentes biogénicas se utilizan modelos de dispersión.

A continuación, se presenta una tabla comparativa con las fuentes de información de los factores de emisión utilizados en la elaboración de los tres inventarios de emisiones:

Tabla 112: Comparación de fuentes de información factores de emisión por tipo de fuente

Tipo de Fuente	SISTAM 2014	AMBIOSIS 2009	UdeC 2014
Fuentes Estacionarias Puntuales (Combustión y Procesos).	AP-42 EPA	AP-42 EPA	AP-42 EPA
Combustión Residencial de Leña	FE SISTAM (por humedad y artefacto) (DICTUC)	FE UdeC (por humedad y artefacto)	FE UdeC (por humedad y artefacto)
Combustión Residencial GLP, GC, GN, y Kerosene	FE AP-42 (USEPA) y FE CARB	FE AP-42 (USEPA) y FE CARB	
Fuentes Evaporativas Residencial	FE PROGRAMA DE INVENTARIOS DE EMISIONES DE MEXICO (USEPA)	FE Compilation and Speciation of National Emission Factors for Consumer/Commercial Solvent (USEPA)	
Fuentes Evaporativas Comercial (Distribución de combustible)	AP-42 (USEPA)	AP-42 (USEPA)	
Fuentes Evaporativas Comercial (Actividad Lavasecos)	USACH 2014		
Fuentes Evaporativas Comercial (Recubrimiento industrial de superficies)	USACH 2014	CARB	
Fuentes Evaporativas Comercial (Aplicación de asfalto)	Emission Inventory Procedural Manual, vol III, Methods for Assessing Area Source Emissions in California	Emission Inventory Procedural Manual, vol III, Methods for Assessing Area Source Emissions in California	
Quemas Agrícolas e Incendios Forestales	CARB y Universidad Austral de Chile	CARB y Universidad Austral de Chile	
Actividades Biogénicas	MEGAN 2.1	FE Globales por Ecosistemas OLSON	
Fuentes Móviles en Ruta (ciudades con modelo de transporte)	FE COPERT III y COPERT IV (EEA)	FE COPERT III (EEA)	FE COPERT III (EEA)
Fuentes Móviles en Ruta (ciudades sin modelo de transporte)	FE COPERT III y COPERT IV (EEA)		FE COPERT III (EEA)
Fuentes Móviles en Ruta (interurbana)	FE COPERT III y COPERT IV (EEA)	FE COPERT III (EEA)	
Fuentes Móviles Fuera de Ruta (Off Road)	NONROAD (USEPA)	NONROAD (USEPA)	



Tipo de Fuente	SISTAM 2014	AMBIOSIS 2009	UdeC 2014
Fracción Gruesa del Material Particulado (camino pavimentados)	FE AP-42 (USEPA)	FE AP-42 (USEPA)	FE AP-42 (USEPA)
Fracción Gruesa del Material Particulado (camino no pavimentados)	FE AP-42 (USEPA)	FE AP-42 (USEPA)	FE AP-42 (USEPA)
Fracción Gruesa del Material Particulado (construcción)	CARB	CARB	
Fracción Gruesa del Material Particulado (áridos)	AP-42 (USEPA) y CARB		
Fracción Gruesa del Material Particulado (preparación de terrenos agrícolas)	CARB	CARB	
Plantas de Aguas Servidas	Development and Selection of Ammonia Emission Factors Final Report (USEPA)	Development and Selection of Ammonia Emission Factors Final Report (USEPA)	
Cigarrillos	CARB		
Fertilizantes	FAO	AP-42 (USEPA)	
Crianza de Animales	Klimont (USEPA)	Klimont (USEPA)	

En resumen, se concluye que para fuentes puntuales la fuente de información de los factores de emisión corresponde al AP-42 de la EPA; para fuentes móviles y maquinaria se utilizan factores COPERT y AP-42 de la EPA en el caso de polvo resuspendido; para la combustión residencial de leña se utilizan factores típicos usados en Chile (DICTUC, USACH y SISTAM), para fuentes areales se utilizan factores EPA en su mayoría, excepto en el caso de evaporativas residenciales y comerciales en donde se utilizan factores propios de la realidad chilena desarrollados por USACH; en el caso de fracción gruesa de material particulado se utilizan factores CARB en el caso de preparación de terrenos agrícolas y construcción, y factores AP-42 en el caso de áridos; en actividades biogénicas se utilizan factores propios de los modelos aplicados; para las quemas y actividades agrícolas e incendios forestales se utilizan factores de la CARB; finalmente para crianza de animales y fertilizantes se utiliza información de la EPA.

A continuación, se presenta una tabla comparativa con las fuentes de información de los niveles de actividad utilizados en la elaboración de los tres inventarios de emisiones:



Tabla 113: Comparación de fuentes de información niveles de actividad por tipo de fuente

Tipo de Fuente	SISTAM 2014	AMBIOSIS 2009	UdeC 2014
Fuentes Estacionarias Puntuales (Combustión y Procesos).	MINSAL (F138), Seremi de Salud y Visitas a empresas	MINSAL (F138) y Seremi de Salud y Visitas a empresas	MINSAL (F138)
Combustión Residencial de Leña	Encuesta de leña, Estadísticas de población INE y CASEN 2013	Encuesta de leña, población INE	Encuesta de leña, población INE
Combustión Residencial GLP, GC, GN, y Kerosene	Informe Estadístico SEC	Informe Estadístico SEC	
Fuentes Evaporativas Residencial	Estadísticas de población INE	Estadísticas de población INE, Encuesta de Presupuestos Familiares INE	
Fuentes Evaporativas Comercial (Distribución de combustible)	Informe Estadístico SEC	Informe Estadístico SEC	
Fuentes Evaporativas Comercial (Actividad Lavasecos)	Estadísticas de población INE		
Fuentes Evaporativas Comercial (Recubrimiento industrial de superficies)	Estadísticas de población INE	Aduana	
Fuentes Evaporativas Comercial (Aplicación de asfalto)	Estadísticas MINVU	Estadísticas MOP	
Quemas Agrícolas e Incendios Forestales	CONAF	CONAF	
Actividades Biogénicas	Índice de área foliar (LAI) y tipo de planta funcional (PFT)	Ecosistemas de OLSON	
Fuentes Móviles en Ruta (ciudades con modelo de transporte)	Corridas de transporte SECTRA, PRT y Parque Vehicular INE	Corridas de transporte SECTRA, PRT y Parque Vehicular INE	Parque Vehicular INE
Fuentes Móviles en Ruta (ciudades sin modelo de transporte)	Parque Vehicular INE y PRT		Parque Vehicular INE
Fuentes Móviles en Ruta (interurbana)	Plan Nacional de Censos (PNC) Vialidad y PRT	Plan Nacional de Censos (PNC) Vialidad y PRT	
Fuentes Móviles Fuera de Ruta (Off Road)	Plantas de Revisión Técnicas (PRT)	INE y Plantas de Revisión Técnicas (PRT)	
Fracción Gruesa del Material Particulado (camino pavimentados)	Corridas de transporte SECTRA, Parque Vehicular INE y PNC	Corridas de transporte SECTRA, Parque Vehicular INE y PNC	Parque Vehicular INE
Fracción Gruesa del Material Particulado (camino no pavimentados)	Corridas de transporte SECTRA, Parque Vehicular INE y PNC	Corridas de transporte SECTRA, Parque Vehicular INE y PNC	Parque Vehicular INE
Fracción Gruesa del Material Particulado (construcción)	Estadísticas Edificación INE, MINVU, Empresas del rubro	Estadísticas Edificación INE, MINVU, Municipios	
Fracción Gruesa del Material Particulado (áridos)	Empresas del rubro, F138 MINSAL		
Fracción Gruesa del Material Particulado (preparación de terrenos agrícolas)	Estadísticas ODEPA y Estadísticas Agrarias INE	VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal (INE)	
Plantas de Aguas Servidas	Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS)	Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS)	
Cigarrillos	Aduana y Estadísticas de población INE		
Fertilizantes	Estadísticas ODEPA y Estadísticas Agrarias INE	VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal (INE)	
Crianza de Animales	Estadísticas Pecuarias INE	VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal (INE)	

Para fuentes puntuales se utiliza información del F138 del MINSAL (Decreto Supremo 138/2005 MINSAL) y seremis de Salud; para fuente móviles se utilizan las corridas de



transporte de SECTRA, Parque INE y PRTs; para fuentes residenciales se utilizan estadísticas de población, de consumo y distribución de combustible de la SEC; para quemas e incendios se utilizan las superficies afectadas entregadas por CONAF; para fracción gruesa de material particulado se utilizan estadísticas de edificación del MINVU, catastros o de plantas de áridos y empresas del rubro construcción según la disponibilidad de la información; para actividades agropecuarias se utilizan estadísticas INE, ODEPA y censo agropecuario.

Principales Conclusiones

Las emisiones presentadas en el inventario UdeC 2014, provienen principalmente de una actualización realizada a las emisiones calculadas en el inventario Ambiosis 2009, por lo tanto, las metodologías de estimación de emisiones y los niveles de actividad utilizados son similares; en el inventario UdeC 2014 se utilizaron principalmente datos para proyectar y/o actualizar las emisiones bases del inventario Ambiosis 2009 en función del nivel de actividad según el tipo de actividad emisora.

En todos los estudios revisados, la principal fuente de emisión de MP10 corresponde a combustión residencial de leña, seguida del polvo fugitivo (principalmente producto de tránsito en calles pavimentadas y sin pavimentar); en menor medida las quemas agrícolas e incendios forestales, los cuales han tomado mayor relevancia con el paso de los años. Son de importancia en la zona las actividades derivadas del rubro agropecuario, tales como preparación de terrenos agrícolas, uso de fertilizantes (en el caso del NH₃) y la crianza de animales.

En términos metodológicos y de recopilación de la información base (niveles de actividad), los tres estudios utilizan la información comúnmente usada para la elaboración de inventarios de emisiones realizados en Chile, en base a la mejor información disponible.

Cabe resaltar que en los tres estudios se realizó una encuesta de leña para caracterizar su consumo, el cual fue extrapolado al total de la población según el área de aplicación, a diferencia del presente estudio que no contempla encuesta de leña y considera el estudio, "CONSUMO DE COMBUSTIBLES DERIVADOS DE LA MADERA Y TRANSICIÓN ENERGÉTICA EN



LA REGIÓN DEL MAULE” (INFOR, 2017), que fue realizado especialmente para cada comuna de la Región del Maule.

Para una mayor apreciación de los estudios a continuación se presenta la información base utilizada para la cuantificación de las emisiones por tipo de fuente para cada uno de los tres estudios revisados.

11.1 Fuentes Estacionarias Puntuales (Combustión y Procesos).

La información base utilizada para la estimación de emisiones de fuentes del tipo estacionarias o puntuales (combustión y procesos) de los tres inventarios disponibles (Ambiosis 2009, UdeC 2014 y SISTAM 2014), proviene de las declaraciones de emisiones realizadas en el F138 MINSAL (Decreto Supremo 138/2005 MINSAL) de acuerdo a su año de aplicación; específicamente utilizan las mediciones disponibles, estimaciones disponibles, consumos de combustible y de materia prima, horas de funcionamiento de las fuentes y los equipos de control de emisiones asociados.

En todos los casos la información recopilada desde el F138 se realiza a través de la autoridad (MINSAL) mediante la generación de los denominados “inventario de emisiones”. Los inventarios de emisiones generados por el F138 contienen la siguiente información:

Conjunto específico de opciones de filtro de datos, según:

- CCF8
- Contaminante
- Tipo descarga
- Nivel de actividad [ciiu6]

Conjunto de archivos de datos generados en archivos de texto que comprende los siguientes archivos:



- Empresas
- Establecimientos
- Modos de operación
- Mediciones
- Estimaciones
- Mediciones modo de operación
- Parámetro de modo operación
- Nivel actividad
- Eficiencia declarada
-

11.2 Fuentes Estacionarias de Área (Residenciales, Comerciales, Quemadas Agrícolas, Incendios Forestales y Fuentes Biogénicas).

11.2.1 Combustión Residencial de Leña

Para la estimación de consumo de leña, los tres inventarios de emisiones revisados utilizan como principal fuente de información “encuestas de leña”, ejecutadas para cada uno de los estudios; dichas encuestas entregan como principales resultados estadísticas del consumo de leña en los hogares, cantidad y tipos de artefactos utilizados, además de la percepción de la humedad de la leña por parte de los encuestados. Dichos datos posteriormente fueron extrapolados al total del área en estudio mediante métodos de proyección (indicadores de población y número de viviendas).

11.2.2 Combustión Residencial GLP, GC, GN, y Kerosene

La estimación de la combustión residencial de GLP, GC, GN y Kerosene se realizó solo en dos de los tres inventarios revisados: Ambiosis 2009 y SISTAM 2014; en el inventario UdeC 2014, no se realizó el cálculo de emisiones para combustión residencial. En ambos inventarios en que se realizó el cálculo de las emisiones residenciales de GLP, GC, GN y Kerosene se utilizó como fuente de información para el nivel de actividad los informes estadísticos de la SEC de acuerdo a su año de aplicación, específicamente fueron utilizados los niveles de consumos de cada uno de los combustibles en cuestión.



11.2.3 Fuentes Evaporativas Residencial

La estimación de las emisiones evaporativas residenciales (COV) se realizó solo en dos de los tres inventarios revisados: Ambiosis 2009 y SISTAM 2014; en el inventario UdeC 2014, no se realizó el cálculo de fuentes evaporativas residenciales. En ambos inventarios en que se realizó el cálculo de las emisiones evaporativas residenciales se utilizó como fuente de información para el nivel de actividad las estadísticas de población del INE de acuerdo a su año de aplicación, específicamente se utilizó la población por comuna, por edad y por sector (urbano-rural).

11.2.4 Fuentes Evaporativas Comercial

La estimación de las emisiones producto de la “**Distribución de combustible**”, se realizó solo en dos de los tres inventarios revisados: Ambiosis 2009 y SISTAM 2014; en el inventario UdeC 2014, no se realizó el cálculo de emisiones producto de la Distribución de combustible. En ambos inventarios en los que se realizó el cálculo de las emisiones para Distribución de combustible se utilizó como fuente de información para el nivel de actividad los informes estadísticos de la SEC de acuerdo con su año de aplicación, específicamente fueron utilizados los niveles de consumos de cada uno de los combustibles en cuestión.

La estimación de las emisiones por “**Actividad Lavasecos**”, se realizó solo en dos de los tres inventarios revisados: Ambiosis 2009 y SISTAM 2014; en el inventario UdeC 2014, no se realizó el cálculo de emisiones para Lavasecos. En ambos inventarios en los que se realizó el cálculo de las emisiones para Lavasecos, se utilizó como fuente de información para el nivel de actividad las estadísticas de población del INE de acuerdo a su año de aplicación, específicamente se utilizó la población por comuna.

La estimación de las emisiones por “**Recubrimiento industrial de superficies**”, se realizó solo en dos de los tres inventarios revisados: Ambiosis 2009 y SISTAM 2014; en el inventario UdeC 2014, no se realizó el cálculo de emisiones para Recubrimiento industrial de superficies. En ambos inventarios en los que se realizó el cálculo de las emisiones para Recubrimiento industrial de superficies se utilizó como fuente de información para el nivel



de actividad las estadísticas de población del INE de acuerdo con su año de aplicación, específicamente se utilizó la población por comuna.

La estimación de las emisiones por “**Aplicación de asfalto**”, se realizó solo en dos de los tres inventarios revisados: Ambiosis 2009 y SISTAM 2014; en el inventario UdeC 2014, no se realizó el cálculo de emisiones para Aplicación de asfalto. En ambos inventarios en los que se realizó el cálculo de las emisiones para Aplicación de asfalto se utilizó como fuente de información para el nivel de actividad los kilómetros de calles que son asfaltadas, de acuerdo a su año de aplicación, información que proporciona el MOP (MINVU).

11.2.5 Quemias Agrícolas, Incendios Forestales y Biogénicas

La estimación de las emisiones para “**Quemas Agrícolas**” e “**Incendios Forestales**”, se realizó en los tres inventarios revisados (Ambiosis 2009, UdeC 2014 y SISTAM 2014). En los tres inventarios se utilizó como fuente de información para el nivel de las “Quemas Agrícolas” e “Incendios Forestales” la superficie en hectáreas quemadas por tipo de cultivo y/o vegetación respectivamente, ambas informadas por CONAF, de acuerdo a su año de aplicación. En el caso de Incendios Forestales el Inventario UdeC 2014 cita a las emisiones calculadas en el inventario Ambiosis 2009.

La estimación de las emisiones por “**Actividades Biogénicas**”, se realizó solo en dos de los tres inventarios revisados: Ambiosis 2009 y SISTAM 2014; en el inventario UdeC 2014, no se realizó el cálculo de emisiones para Actividades Biogénicas. En ambos inventarios en los que se realizó el cálculo de las emisiones para Actividades Biogénicas se utilizó como fuente de información para el nivel de actividad datos meteorológicos (datos horarios), datos de vegetación (plant functional type) PFT (constante en tiempo) y datos del estado de la vegetación (Índice del área foliar, leaf area index) LAI. En ambos inventarios se modelaron los datos de entrada (nivel de actividad) mediante modelos de dispersión, específicamente en el caso del Inventario Ambiosis 2009 se utilizó el Modelo Global de estimación de emisiones de compuestos orgánicos volátiles naturales (1995), en base a factores de emisión globales para ecosistemas clasificados según OLSON (1992), los cuales se



encuentran individualizados para 26 ecosistemas los que cubren la totalidad del planeta. En el caso del inventario SISTAM 2014 se utilizó el modelo MEGAN 2.1.

11.3 Fuentes Móviles en Ruta y Fuera de Ruta.

A continuación, se describen los principales insumos utilizados por las metodologías de cálculo de fuentes móviles en ruta.

11.3.1 Fuentes Móviles en Ruta

La estimación de las emisiones para “**Fuentes Móviles en Ruta**”, se realizó en los tres inventarios revisados (Ambiosis 2009, UdeC 2014 y SISTAM 2014).

Ciudades con Modelo de Transporte

Para las ciudades que cuentan con modelo de transporte según el alcance geográfico de cada inventario y fecha de realización, se utilizó el modelo MODEM en distintas versiones, en el inventario Ambiosis 2009 y en el Inventario UdeC 2014 se utilizó MODEM v2.0; por su parte en el inventario de SISTAM 2014 se utilizó MODEM v5.1. En todos los casos la principal fuente de información para el nivel de actividad corresponde a los archivos prepara emisiones que generan los modelos de transporte ejecutados por SECTRA para cada ciudad y año.

Además, en todos los casos se utilizaron archivos shapes de las redes viales correspondientes a la zona en estudio y los archivos de nodos.

En los tres estudios se utilizaron las composiciones vehiculares en base al parque vehicular (permisos de circulación INE) y PRT (Plantas de Revisión Técnica) de las ciudades en estudio, además fueron utilizados perfiles temporales históricos que entrega SECTRA.



Además, se utilizó información de la zona, tal como Información de “Parque Vehicular” (Parque INE a nivel comunal), información de “Matriz Origen – Destino” (información de movilidad del parque durante el día).

El resto de la información utilizada en los inventarios revisados corresponde a parámetros metodológicos, correspondientes a valores que inciden directamente en las ecuaciones de cálculo y que dentro del sistema están asociados a cada tipo de vehículos. En general estos valores se han mantenido inalterados con el tiempo ya que su actualización requiere de estudios de transporte específicos.

Finalmente, se utilizó una Matriz de decisión llamada *matriz criterio Origen-Destino* en la cual se definen los horarios para los cuales las emisiones evaporativas dentro de la zona de estudio.

Todo lo anterior fue proporcionado por SECTRA.

Ciudades sin Modelo de Transporte y Red Interurbana

Las ciudades sin modelo de transporte, así como la red interurbana fueron calculadas solo en uno de los tres inventarios revisados: SISTAM 2014, en los inventarios Ambiosis 2009 y UdeC 2014, no se realizó el cálculo de emisiones en ciudades sin modelo de transporte y red interurbana. Para el cálculo de las emisiones en el inventario SISTAM 2014 se utilizó una metodología Top-Down que considera como nivel de actividad el parque INE (Permisos de circulación) en el caso de las zonas urbanas; y el TMDA (Transito Medio Diario Anual) obtenido del Plan Nacional de Censos que realiza periódicamente el departamento de vialidad del MOP en el caso de la red interurbana. Además, fueron utilizadas las tablas de kilómetros recorridos anuales y velocidades promedios por tipo de vehículo según el tamaño del parque vehicular; todas fueron extraídas de la Guía Metodológica para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Fuentes Fijas y Móviles en el RETC (MMA,



MINSAL, SECTRA). También se utilizó información de las PRT de la VII Región, en conjunto con el parque INE para obtener la composición tecnológica de los vehículos.

11.3.2 Fuentes Móviles Fuera de Ruta (Off Road)

La estimación de las emisiones para “**Fuentes Móviles Fuera de Ruta**”, se realizó solo en dos de los tres inventarios revisados: Ambiosis 2009 y SISTAM 2014, por su parte, en el inventario UdeC 2014, no se realizó el cálculo de emisiones para Fuentes Móviles Fuera de Ruta. En ambos inventarios en los que se realizó el cálculo de las emisiones para Fuentes Móviles Fuera de Ruta se utilizó como fuente de información para el nivel de actividad las horas de funcionamiento de las maquinarias, según tipo; además de la potencia y la tecnología de acuerdo con el año de fabricación. La información del parque de maquinarias en ambos casos corresponde a la información dispuesta para los inventarios, la cual corresponde a registros detallados de la cantidad tipo y horas de funcionamiento de una maquinaria en una determinada actividad, complementada con el registro de maquinarias en las PRT.

11.4 Fracción Gruesa del Material Particulado (Construcción, Producción, Transporte y Procesamiento de Áridos, Actividades Agrícolas, Polvo Resuspendido desde Calles Pavimentadas y No Pavimentadas, etc.).

La estimación de las emisiones para “**Fracción Gruesa del Material Particulado**”, se realizó en los tres inventarios revisados, pero de manera parcial; es decir, no fueron consideradas las mismas actividades generadoras de polvo en todos los inventarios. El inventario UdeC 2014 solo considera el polvo resuspendido desde calles no pavimentadas, y utiliza como fuente de información la superficie de las calles sin pavimentar provenientes del documento, “Dimensionamiento y Características Red Vial Nacional” del MOP. El inventario Ambiosis y SISTAM 2014 por su parte estiman más actividades generadoras de polvo (construcción, áridos, entre otras), en base a la información disponible, por ejemplo, en ambos inventarios se estimó caminos sin pavimentar, además de las emisiones generadas en empresas de áridos; dentro de los áridos se estimaron emisiones asociadas a transferencia de material, harneado y chancado.



Los Niveles de Actividad de las fuentes emisoras que aportan a la fracción gruesa del material particulado fueron entregados por la contraparte de los inventarios Ambiosis 2009 y SISTAM 2014, los que corresponden a la cantidad de material transportado, utilizado o almacenado según sea el tipo de actividad emisora.

Hay que destacar que en el caso de **polvo resuspendido desde calles pavimentadas y no pavimentadas** el nivel de actividad utilizado en los tres inventarios revisados corresponde al peso promedio del parque vehicular, para ello obtuvieron el flujo por tipo de vehículos, longitud del arco, velocidad y el tipo de carpeta donde se realiza dicha actividad, todo lo anterior en base a la información disponible que fue entregada por la contraparte de dichos estudios. También se utilizaron en todos los casos el contenido de silt por defecto que entrega la “Guía Metodológica para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Fuentes Fijas y Móviles en el RETC” (MMA, MINSAL, SECTRA) según tamaño de parque vehicular y valores por defecto (EPA (AP-42, secciones “Unpaved Road” y “Paved Road”).

11.5 Fuentes Misceláneas

Plantas de Aguas Servidas

La estimación de las emisiones para Plantas de Aguas Servidas se realizó solo en dos de los tres inventarios revisados: Ambiosis 2009 y SISTAM 2014; en el inventario UdeC 2014, no se realizó el cálculo de emisiones para Plantas de Aguas Servidas. En ambos inventarios en los que se realizó el cálculo de las emisiones para Plantas de Aguas Servidas se utilizó como fuente de información para el nivel de actividad las estadísticas de población del INE de acuerdo a su año de aplicación, específicamente se utilizó la población por comuna, por edad y por sector (urbano-rural).

Cigarrillos

La estimación de las emisiones para Cigarrillos se realizó solo en dos de los tres inventarios revisados: Ambiosis 2009 y SISTAM 2014; en el inventario UdeC 2014, no se realizó el cálculo de emisiones para Cigarrillos. En ambos inventarios en los que se realizó el cálculo de las



emisiones para Cigarrillos se utilizó como fuente de información para el nivel de actividad las estadísticas de población del INE de acuerdo a su año de aplicación, específicamente se utilizó la población por comuna, por edad y por sector (urbano-rural).

Fertilizantes

La estimación de las emisiones producto de la aplicación de Fertilizantes se realizó solo en dos de los tres inventarios revisados: Ambiosis 2009 y SISTAM 2014; en el inventario UdeC 2014, no se realizó el cálculo de emisiones producto de la aplicación de Fertilizantes. En ambos inventarios en los que se realizó el cálculo de las emisiones producto de la aplicación de Fertilizantes se utilizó como fuente de información para el nivel de actividad las tasas de demanda de nitrógeno por tipo de cultivo de la FAO y las superficies por tipo de cultivo en base a estadísticas agrarias regionales actualizadas para los años de ejecución de los respectivos inventarios. El Censo Agropecuario 2007 fue utilizado para su distribución a nivel comunal.

Crianza de Animales

La estimación de las emisiones producto de la Crianza de Animales se realizó solo en dos de los tres inventarios revisados: Ambiosis 2009 y SISTAM 2014; en el inventario UdeC 2014, no se realizó el cálculo de emisiones producto de la Crianza de Animales. En ambos inventarios en los que se realizó el cálculo de las emisiones producto de la Crianza de Animales se utilizó como fuente de información para el nivel de actividad las cantidades (cabezas) por tipo de animal es base a estadísticas pecuarias regionales, actualizadas para los años de ejecución de los respectivos inventarios. El Censo Agropecuario 2007 fue utilizado para su distribución a nivel comunal.

“Los principales resultados, conclusiones y recomendaciones de los estudios revisados, fueron compilados y se entregan en formato digital en el anexo 1 del presente informe”.

“Los compromisos ambientales adquiridos por las fuentes emisoras en el marco del SEIA para la Región del Maule son presentados en detalle en el anexo digital del presente informe”.