



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA METROPOLITANA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL  
DEPARTAMENTO DE PREVENCIÓN DE RIESGO Y MEDIO AMBIENTE  
ESCUELA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS Y MEDIO AMBIENTE

**ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN DE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS  
PRODUCTO DE LAS PLANTAS CEMENTERAS EN CHILE, DURANTE EL  
SIGLO XXI: CASO VILLA LAS MARGARITAS, SAN BERNARDO**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL EN PREVENCIÓN DE RIESGOS Y MEDIO AMBIENTE**

**AUTORES:**

**MORALES VALDEBENITO, FRANCISCA ELIZABETH**

**MORA MILES, CHRISTIAN ENRIQUE**

**PROFESOR GUÍA:**

**MG. ING. CÁCERES CRUZ, GUSTAVO ADOLFO**

**SANTIAGO – CHILE**

**2021**

## DERECHO DE AUTOR

### Autorización para la Reproducción del Trabajo de Titulación

Nombre de los alumnos: Francisca Morales Valdebenito / Christian Mora Miles.  
Rut: 18.749.753-1, 18.747.622-4  
Dirección: Raúl Bráñez #2037, San Bernardo / Carlos Condell 482, La Cisterna.  
E-mail: franciscamorales814@gmail.com/ chmora.miles@gmail.com  
Teléfono: +56935109948 / +56974528782

Título de la tesis: Estudio de la evolución de enfermedades respiratorias producto de las plantas cementeras en Chile, durante el siglo XXI: Caso villa Las Margaritas, San Bernardo.

Escuela: Escuela de Prevención de Riesgos y Medio Ambiente.

Carrera o programa: Ingeniería Civil en Prevención de Riesgos y Medio Ambiente.

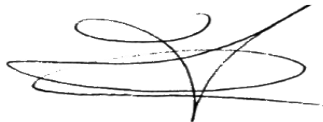
Título al que opta: Ingeniero Civil en Prevención de Riesgos y Medio Ambiente.

Se autoriza la reproducción total o parcial de este trabajo de titulación, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica que acredita al trabajo y a su autor.

En consideración a lo anterior, se autoriza su reproducción de forma (marque con una X):

<input checked="" type="checkbox"/>	Inmediata: X
<input type="checkbox"/>	A partir de la siguiente fecha: _____(mes/año)

Fecha: 03-08-2021 Firma:

*Francisca* 

Esta autorización se otorga en el marco de la ley N°17.336 sobre Propiedad Intelectual, con carácter gratuito y no exclusivo para la Institución.

**NOTA OBTENIDA:**  
6,2



A handwritten signature in blue ink is positioned to the left of a circular official stamp. The stamp contains the text "UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE YUCATÁN" around the perimeter and "ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS DE COMPUTACIÓN" in the center. A horizontal line is drawn below the signature and stamp.

Firma y timbre autoridad responsable

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de titulación se lo dedicamos a nuestra familia e hijos, primero, por el gran apoyo que nos brindaron para la realización del mismo, y segundo porque ellos son el motor para seguir superándonos cada día.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente, queremos agradecer a Dios y a nuestras familias, por el apoyo incondicional que nos dan en cada paso que damos, a nuestros profesores, en especial a don Gustavo Cáceres, quien nos brindó una gran apoyo para la realización de este estudio, guiándonos para poder terminar de la mejor manera nuestro proceso académico, preparándonos para el mundo laboral, y también a Surimana Pérez, Coordinadora Ambiental de El Bosque y San Bernardo, por la buena disposición y apoyo, brindándonos información relevante sobre la situación que vive la población afectada, para poder defender nuestra hipótesis.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Justificación del Problema .....	1
1.2 Alcance .....	2
1.3 Objetivos.....	5
1.3.1 Objetivo general .....	5
1.3.2 Objetivos específicos .....	5
2. MARCO TEÓRICO .....	6
2.1 Consideraciones Generales.....	6
2.1.1 Cemento.....	12
2.1.2 Áridos .....	13
2.1.3 Proceso productivo.....	15
2.1.4 Producto.....	18
2.2 Marco Conceptual.....	19
2.2.1 Impactos ambientales asociados a las plantas cementeras.....	19
2.2.2 Relación de emisiones atmosféricas con la salud de las personas	24
2.3 Marco Legal .....	34
2.3.1 Ley 19300/94 Ley de Bases Generales del Medio Ambiente .....	34
2.3.2 D.S. N° 458/76 Aprueba Nueva Ley General de Urbanismo y Construcciones .....	34
2.3.3 D.S. N° 718/77 Crea Comisión Mixta de Agricultura y Urbanismo	35
2.3.4 D.S. N° 47/92 Fija Nuevo Texto de la Ordenanza General de la Ley General de Urbanismo y Construcciones .....	35

2.3.5	Resolución N° 20/94 Aprueba Plan Regulador Metropolitano de Santiago.....	36
2.3.6	Decreto con Fuerza de Ley N° 725/67. Código Sanitario.....	36
2.3.7	Decreto Supremo N° 144/61 Establece Normas para Evitar Emanaciones o Contaminantes Atmosféricos de Cualquier Naturaleza....	37
2.3.8	Decreto Supremo N° 32/90 Reglamento de Funcionamiento de Fuentes Emisoras de Contaminantes Atmosféricos que Indica en Situaciones de Emergencia de Contaminación Atmosférica.....	37
2.3.9	Decreto Supremo N° 185/91 Reglamenta el Funcionamiento de Establecimientos Emisores de Anhídrido Sulfuroso, Material Particulado y Arsénico en Todo el Territorio Nacional.....	38
2.3.10	Decreto Supremo N° 4/92 Establece Norma de Emisión de Material Particulado a Fuentes Estacionarias Puntuales y Grupales Ubicadas en la Región Metropolitana.....	38
2.3.11	Decreto Supremo N° 1.583/93 Establece Norma de Emisión de Material Particulado a Fuentes Estacionarias Puntuales que Indica, Ubicadas en la Región Metropolitana.....	39
2.3.12	Decreto Supremo N° 2.467/93 Ministerio de Salud Aprueba Reglamento de Laboratorios de Medición y Análisis de Emisiones Atmosféricas Provenientes de Fuentes Estacionarias.....	40
3.	METODOLOGÍA.....	42
3.1	Metodología del Trabajo.....	42
3.2	Identificación de los Niveles de Contaminantes a los que se Exponen las Comunidades Aledañas a las Plantas Cementeras.....	44
3.2.1	Verificación de los niveles de emisiones atmosféricas producidas por las plantas cementeras.....	44

3.3	Análisis de la Evolución de los Impactos Ambientales de las Cementeras en la Salud de las Personas Durante el Siglo XXI.....	44
3.3.1	Elaboración de un análisis de la información sobre la evolución del impacto ambiental de plantas cementeras durante el siglo XXI.....	44
3.3.2	Elaboración de un análisis de información sobre calidad del aire y el control de emisiones atmosféricas en el siglo XXI.....	46
3.4	Análisis de la Evolución de las Enfermedades Respiratorias de la Villa Las Margaritas de San Bernardo.....	47
3.4.1	Elaboración de un análisis de la información de la estación de monitoreo El Bosque del SINCA.....	47
3.4.2	Elaboración de un análisis de informes de calidad del aire y el control de emisiones atmosféricas en la Villa Las Margaritas .....	48
3.4.3	Aplicación de encuesta a la población de Villa Las Margaritas .....	48
3.5	Propuesta de Medidas de Mitigación de los Impactos Negativos de las Plantas Cementeras para la Villa Las Margaritas de San Bernardo.....	50
3.5.1	Elaboración de propuesta de implementación de nuevas tecnologías y equipos .....	50
4.	RESULTADOS .....	52
4.1	Niveles de Contaminantes a los que se Exponen las Comunidades Aledañas a las Plantas Cementeras .....	52
4.1.1	Niveles de emisiones atmosféricas producidas por las plantas cementeras .....	52
4.2	Evolución de los impactos ambientales de las cementeras en la salud de las personas durante el siglo XXI .....	55
4.2.1	Análisis de la información sobre la evolución del impacto ambiental de plantas cementeras durante el siglo XX.....	55



4.2.2	Análisis de información sobre calidad del aire y el control de emisiones atmosféricas en el siglo XXI .....	61
4.3	Evolución de las Enfermedades Respiratorias de la Villa Las Margaritas de San Bernardo .....	69
4.3.1	Análisis de la información de la estación de monitoreo El Bosque, SINCA	69
4.3.2	Análisis de informes de calidad del aire y el control de emisiones atmosféricas en la Villa Las Margaritas .....	111
4.3.3	Análisis de informes de salud de la Villa Las Margaritas.....	114
4.3.4	Resultados de la Encuesta a la Población de Villa Las Margaritas	120
4.3.4.1	Metodología de la Encuesta.....	120
4.5	Medidas de Mitigación de los Impactos Negativos de las Plantas Cementeras para la Villa Las Margaritas de San Bernardo .....	123
4.5.1	Propuesta de implementación de nuevas tecnologías y equipos	123
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	129
5.1	Conclusiones .....	129
5.2	Recomendaciones .....	131
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	133
7.	ANEXOS.....	140
Anexo 1.	Cuestionario SF-36, Percepción de Calidad de vida.....	140
Anexo 2.	Ordenanza N°16 de la Municipalidad de San Bernardo .....	143
Anexo 3.	Ordenanza N°300/2019 de la Municipalidad de El Bosque.....	147

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Factores de emisión para algunas etapas en el procesamiento de áridos y agregados .....	22
Tabla 2.2 Factores de emisión para etapas en la producción de materiales de cemento, hormigón y actividades asociadas .....	23
Tabla 2.3 Normas nacionales primarias de calidad de aire .....	26
Tabla 2.4 Factores que explican la mayor susceptibilidad del sistema respiratorio a los contaminantes atmosféricos de la infancia y en la senectud.....	29
Tabla 2.5 Efectos adversos de los contaminantes aéreos sobre el sistema respiratorio.....	30
Tabla 2.6 Efectos no respiratorios de los contaminantes atmosféricos .....	32
Tabla 3.1 Contenido de las escalas del SF-36 .....	50
Tabla 4.1 Concentraciones máximas de material particulado respirable, de acuerdo con la legislación chilena vigente y su comparación con las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS) .....	54
Tabla 4.2 Origen de los datos de fuentes fijas.....	56
Tabla 4.3 Las ciudades de Chile más contaminadas por MP <sub>2,5</sub> y MP <sub>10</sub> .....	63
Tabla 4.4 Índice de calidad del aire de Estados Unidos (US AQI) .....	64
Tabla 4.5 Registros de concentraciones de MP <sub>10</sub> desde el año 2000 al 2021 en [µg/m <sup>3</sup> N] .....	98
Tabla 4.6 Registros de concentraciones en [µg/m <sup>3</sup> N] de MP <sub>2,5</sub> desde el año 2009 al 2021 .....	111
Tabla 4.7 Resultados de la encuesta de salud SF-36.....	121

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Fotografía de planta cementera .....	4
Figura 2.1 Emplazamiento del área urbana principal de la comuna de San Bernardo en la trama del Gran Santiago .....	8
Figura 2.2 Polígono de zonificación industrial de San Bernardo.....	9
Figura 2.3 Representación esquemática del proceso del hormigón premezclado .....	17
Figura 2.4 Promedios mensuales de PM <sub>10</sub> registrados en Talca durante 2007	27
Figura 3.1 Esquema metodológico .....	43
Figura 3.2 Competencias en materia de evaluación de riesgo para la salud....	45
Figura 3.3 Variables de estudio .....	47
Figura 3.4 Esquema metodológico encuesta vecinal.....	49
Figura 4.1 Emisiones totales al aire en sitio (fuentes fijas) por sector industrial (CIIU 3). país, 2009.....	57
Figura 4.2 Emisiones MP <sub>10</sub> al aire en sitio (fuentes fijas) por rubro. Total país, 2009.....	58
Figura 4.3 Emisiones MP <sub>2,5</sub> al aire en sitio (fuentes fijas) por rubro. Total país, 2009.....	59
Figura 4.4 Los 10 establecimientos con mayor participación en las emisiones de material particulado en la Región Metropolitana, 2009 .....	60
Figura 4.5 Composición de emisiones al aire de fuentes puntales por rubro, 2018 .....	61
Figura 4.6 Mapa mundial de exposición estimada de PM <sub>2,5</sub> por país/región en 2018.....	64
Figura 4.7 Ranking de ciudades de Sudamérica con concentración de MP <sub>2,5</sub> más alta .....	66
Figura 4.8 Clasificación mundial de países/regiones .....	68

Figura 4.9 Promedio anual de las concentraciones de CO en la estación de monitoreo El Bosque.....	70
Figura 4.10 Promedio de la concentración mensual de CO en el año 2000 .....	71
Figura 4.11 Promedio de la concentración mensual de CO en el año 2000 (01/04/2000 – 31/07/2000).....	72
Figura 4.12 Registro horario de la concentración de CO en el año 2000 (07/05/2000 – 08/05/2000).....	73
Figura 4.13 Registro horario de la concentración de CO en el año 2000 (21/05/2000).....	74
Figura 4.14 Registro horario de la concentración de CO en el año 2000 (10/06/2000 – 11/06/2000).....	75
Figura 4.15 Registro horario de la concentración de CO en el año 2000 (21/06/2000 – 22/06/2000).....	76
Figura 4.16 Registro horario de la concentración de CO en el año 2000 (13/07/2000 – 14/07/2000).....	77
Figura 4.17 Registro horario de la concentración de CO en el año 2000 (30/07/2000 – 31/07/2000).....	78
Figura 4.18 Promedio de la concentración mensual de CO en el año 2001 .....	79
Figura 4.19 Registro diario de la concentración de CO en el año 2001 (01/05/2001 – 31/08/2000).....	80
Figura 4.20 Promedio de la concentración mensual de CO en el año 2002 .....	81
Figura 4.21 Registro diario de la concentración de CO en el año 2002 (01/05/2002 – 31/08/2002).....	82
Figura 4.22 Promedio de la concentración mensual de CO en el año 2003 .....	83
Figura 4.23 Registro diario de la concentración de CO en el año 2003 (01/05/2003 – 31/08/2003).....	84
Figura 4.24 Promedio de la concentración mensual de CO en el año 2014 .....	85
Figura 4.25 Registro diario de la concentración de CO del año 2014 (01/06/2014 – 31/08/2014).....	86

Figura 4.26 Promedio de la concentración mensual de CO en el año 2015 .....	87
Figura 4.27 Registro diario de la concentración de CO en el año 2015 (01/06/2015 – 31/07/2015).....	88
Figura 4.28 Promedio anual de las concentraciones de O <sub>3</sub> en el año 2000.....	89
Figura 4.29 Promedio mensual de la concentración de O <sub>3</sub> en el año 2000 .....	90
Figura 4.30 Registro diario de las concentraciones de O <sub>3</sub> en el año 2000 .....	91
Figura 4.31 Registro diario de las concentraciones de O <sub>3</sub> en el año 2000 (26/10/2000 – 29/10/2000).....	92
Figura 4.32 Registro diario de la concentración de O <sub>3</sub> en el año 2001 .....	93
Figura 4.33 Registro horario de la concentración de O <sub>3</sub> en el año 2001 (28/03/2001 – 28/03/2001).....	94
Figura 4.34 Promedio de la concentración mensual de O <sub>3</sub> en el año 2010.....	96
Figura 4.35 Registro diario de la concentración de O <sub>3</sub> en el año 2010 .....	97
Figura 4.36 Promedio anual de las concentraciones de MP <sub>10</sub> desde el año 2000 al 2021 en la estación de monitoreo El Bosque .....	99
Figura 4.37 Promedio de la concentración mensual de MP <sub>10</sub> en el año 2000	100
Figura 4.38 Promedio de la concentración mensual de MP <sub>10</sub> en el año 2000	101
Figura 4.39 Promedio diario de concentración de MP <sub>10</sub> en el año 2000 (04/04/2000 – 01/08/2000).....	102
Figura 4.40 Promedio de la concentración mensual de MP <sub>10</sub> en el año 2003.	103
Figura 4.41 Promedio de diario concentración de MP <sub>10</sub> en el año 2003 (01/03/2003 – 31/08/2003).....	104
Figura 4.42 Promedio de la concentración mensual de MP <sub>10</sub> en el año 2011	105
Figura 4.43 Promedio de diario concentración de MP <sub>10</sub> en el año 2011 (01/05/2011 – 31/08/2011).....	106
Figura 4.44 Promedio de la concentración mensual de MP <sub>10</sub> en el año 2019.	107
Figura 4.45 Promedio de diario concentración de MP <sub>10</sub> en el año 2019 (01/04/2019 – 31/08/2019).....	108

Figura 4.46 Promedio anual de las concentraciones de MP <sub>2,5</sub> desde el año 2000 al 2021 en la estación de monitoreo El Bosque .....	110
Figura 4.47 Niveles anuales de MP <sub>10</sub> en la comuna de El Bosque, entre los años 1998 y 2018 .....	112
Figura 4.48 Niveles anuales de MP <sub>2,5</sub> en la comuna de El Bosque, entre los años 2009 y 2018 .....	113
Figura 4.49 Número de personas con diagnóstico de asma y EPOC cada 1.000 habitantes, en la comuna de El Bosque año 2017 .....	114
Figura 4.50 Número de personas en control por asma y EPOC en salas IRA-ERA del CESFAM Santa Laura, distribuidos por grupos de edad, año 2019.....	115
Figura 4.51 Número de personas diagnosticadas de asma y EPOC en control en sala IRA-ERA del CESFAM Santa Laura, entre los años 2010-2019 .....	116
Figura 4.52 Porcentaje de personas con diagnóstico de asma y EPOC no controlado en salas IRA-ERA de El Bosque, año 2019 .....	117
Figura 4.53 Número de hospitalizaciones abreviadas respiratorias distribuidas por grupos de edad en el CESFAM Santa Laura, año 2019 .....	118
Figura 4.54 Número de derivaciones a unidades de emergencia hospitalaria (UEA) o servicios de atención primaria de urgencia (SAPU) debido a causa respiratorias cada 1.000 habitantes, en menores y mayores de 20 años, en la comuna de El Bosque, año 2019 .....	119
Figura 4.55 Concentración de CO <sub>2</sub> en la atmosfera (ppm) .....	124
Figura 4.56 Producción de hidrógeno gris .....	126
Figura 4.57 Producción de hidrógeno verde .....	127
Figura 4.58 Cantidad de energía renovable disponible en Chile.....	128

## RESUMEN

El cemento es uno de los materiales de construcción más utilizado en el mundo, por sus características de resistencia, durabilidad en el tiempo y por ser un material económico en términos monetarios. Sin embargo, con el aumento de la demanda en el último siglo, también han aumentado los impactos ambientales que la producción del mismo genera en el ambiente y las personas. Es por esto que nace la necesidad de investigar sobre los posibles efectos que tienen en la salud las emisiones atmosféricas, generadas en la producción del cemento, para demostrar que la creciente de enfermedades evidenciadas en la Villa Las Margaritas, ubicada en una zona industrial, se producen directamente por la exposición prolongada a las emisiones contaminantes de las plantas cementeras, mediante el análisis de datos estadísticos sobre las emisiones producidas en el siglo XXI, el monitoreo de las emisiones en la zona afectada, y la realización de una encuesta para levantar información sobre la calidad de vida de la población que se ve afectada.

### **Palabras Claves:**

Plantas cementeras, emisiones atmosféricas, creciente de enfermedades, Villa Las Margaritas.

## **ABSTRACT**

The cement is one of the most used building materials in the world, for its characteristics of strength, durability over time and for being an economical material in monetary terms. However, the environmental impacts that the production of the same generates in the environment and people have also increased with the increase in demand in the last century. That is why the need to investigate the possible effects on health of the atmospheric emissions generated in the production of cement was born, to demonstrate that the increase in diseases evidenced in the Villa Las Margaritas, located in an industrial area, are directly produced by the prolonged exposure to pollutant emissions from cement plants, through the analysis of statistical data on the emissions produced in the XXI century, the monitoring of emissions in the affected area, and the realization of a survey to collect information on the quality of life of the population that is affected.

### **Keywords:**

Cement plants, air emissions, growing diseases, Villa Las Margaritas.



# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Justificación del Problema

En el presente trabajo de titulación se pretende abordar la problemática de contaminación del ambiente que afecta la salud de las personas que viven en zonas cercanas a industrias. Existen diversas zonas periféricas de Santiago, así como en regiones de Chile, donde se emplazan plantas de hormigón que liberan de sus procesos material particulado compuesto de polvo de cemento, el que incluye también agregados de áridos y emisiones de polvo de arena, siendo este el principal contaminante emitido a la atmósfera por esta industria. Además, estas plantas generan niveles elevados de ruido, como se puede apreciar en las áreas de trituración, molienda y horno rotatorio (Hernández et al, 2000), así como también un flujo importante de camiones que transita las calles, afectando la visual-paisajística y el ambiente del entorno.

En relación con los efectos producidos por la contaminación de polvo de las plantas cementeras, la Organización Mundial de la Salud (OMS) señaló que, tanto la exposición a corto y largo plazo a partículas de polvo puede afectar la salud de las personas y que la exposición crónica aumenta la mortalidad por enfermedades cardiovasculares y cáncer de pulmón (Orfila, 2014), debido a lo cual es importante mantener este contaminante controlado, para que la población -donde la mayoría son niños y ancianos que son más propensos a enfermarse- no se vea afectada.

El polvo aparte de afectar la salud de las personas también produce impactos negativos en la vegetación y suelo, ya que las partículas cubren las hojas de árboles y plantas, obstruyendo el paso del sol para los procesos de fotosíntesis (Doménech, 1994).

El hormigón cumple un rol primordial en la urbanización, por poseer versatilidad en sus usos y aplicaciones, tales como la construcción de calles, edificios, casas, etc., ayudando a que haya conectividad en zonas poco pobladas o rurales.

En Chile, las empresas elaboradoras de productos de cemento se ubican a lo largo del país, pero sin lugar a duda, existe una importante concentración de actividades en la Región Metropolitana (CONAMA, 1997), específicamente, en la comuna de San Bernardo. Por ende, de esto se puede deducir que, el impacto ambiental producido es grande y centralizado, ya que en un solo lugar hay instaladas diferentes plantas de cemento, emitiendo contaminantes a la atmósfera y afectando a grandes cantidades de personas y su calidad de vida.

## **1.2 Alcance**

En este trabajo de titulación se pretende demostrar el creciente aumento o agravamiento de las enfermedades respiratorias en las personas que residen colindantes a plantas cementeras, abarcando el territorio nacional, para luego enfocarse en el sector del parque industrial donde se ubica la Villa Las Margaritas, comuna San Bernardo.

Para el desarrollo de este estudio, se medirá la percepción de la calidad de vida que tienen las personas en base a información de los CESFAM y el cuestionario SF-36 HEALTH SURVEY, que consta de 36 ítems que obtiene la evaluación del paciente sobre su funcionamiento físico, bienestar y percepciones de su salud en general (Misrachi, 2005), para relacionar las enfermedades respiratorias con el empeoramiento de éstas en la zona afectada. Además, se compararán datos estadísticos de enfermedades respiratorias de la población del área de influencia

y de Chile en el siglo XXI, para evaluar si aumentaron o disminuyeron estas enfermedades a medida que pasa el tiempo, ya que cada vez existe tecnología más avanzada para mejorar y controlar los procesos productivos, esperándose una disminución de estos impactos.

También se evaluarán los resultados de una encuesta que se está realizando en el área de influencia del Proyecto “Planta de Hormigón Premezclado Santiago Sur” de la empresa Inversiones Orange S.A., que pretende emplazarse entre las comunas de San Bernardo y El Bosque, a metros de las plantas cementeras que colindan con la Villa Las Margaritas y alrededores. Esta encuesta, realizada por la Municipalidad de San Bernardo, por medio de una licitación con la Universidad Tecnológica Metropolitana, tuvo el fin de levantar información sobre las personas que padecen enfermedades respiratorias para relacionarlas con el impacto producido por estas plantas cementeras, que se encuentran emitiendo contaminantes a la atmósfera y que, con la posible llegada de esta mega planta de hormigón en la zona, agravaría la situación actual ya que, según “un estudio de la Dirección de Salud del CESFAM (Centro de Salud Familiar) Santa Laura y los planes comunales de salud de San Bernardo y El Bosque, las cementeras y plantas de hormigón que están emplazadas en el límite de ambos municipios impactan negativamente la salud respiratoria de las personas que viven en la zona (Rojas, 2021).

**Figura 1.1 Fotografía de planta cementera**



Fuente: <https://www.revistadefrente.cl/san-bernardo-toxico-aprueban-megaplanta-de-cemento-en-medio-de-poblaciones/>

En la Figura 1.1 se muestra una de las plantas cementeras instaladas en el parque industrial de San Bernardo, la cual es de gran envergadura provocando un gran impacto en el medio ambiente, como al paisaje mismo de la zona en el cual se puede apreciar la falta de flora y fauna, por lo que la comunidad ha solicitado que en el terreno donde se pretende construir la Mega planta de hormigón, se construya un parque con áreas verdes, para poder tener una zona donde esparcirse y mejorar su calidad de vida. En el desarrollo de este trabajo se consideran las siguientes limitaciones:

- Por efectos de pandemia producida por el virus SARS-CoV-2, la movilidad presencial se verá reducida. Sin embargo, se podrá obtener la información de consultorios y municipalidades.

- Algunas cementeras se podrían oponer a que se ingrese a sus instalaciones para poder visualizar el proceso productivo. No obstante, se podrá recopilar información de algunas cementeras y datos relevantes respecto a la cantidad de polución en el sector.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Estudiar la evolución de enfermedades respiratorias producto de las plantas cementeras en Chile, durante el siglo XXI.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Identificar los niveles de contaminantes a los que se exponen las comunidades aledañas a las plantas cementeras.
- Analizar la evolución de los impactos ambientales de las cementeras en la salud de la población chilena, durante el siglo XXI.
- Analizar la evolución de las enfermedades respiratorias de la Villa Las Margaritas de San Bernardo.
- Proponer medidas de mitigación de los impactos negativos de las plantas cementeras para la Villa Las Margaritas de San Bernardo.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Consideraciones Generales

La región Metropolitana inicio su ordenamiento territorial con el Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS) en 1994, que se basó en un ordenamiento regido por el modelo racional-comprehensivo, el cual es de carácter normativo y centralizado, con objetivos de largo plazo e involucra un exhaustivo diagnóstico urbano, la consideración de una imagen objetivo y alternativas de desarrollo, la identificación de las consecuencias asociadas a dichas alternativas, así como la implementación y seguimiento del Plan (Del Río, 2017). Dentro de sus principios se destacan:

- El límite urbano
- La zonificación
- La intensidad de uso de suelos
- Los subcentros de equipamiento
- La vialidad estructurante

Luego de tres años, desde su aprobación en 1994, el PRMS es sometido a una serie de modificaciones que operan bajo la lógica de una planificación incremental, principalmente respecto a la extensión del límite urbano y la incorporación del modelo de planificación por condiciones. Se puede evidenciar que el PRMS fue modificado a los pocos años de haberse retomado tras la intervención de la dictadura, por lo que lleva bastante tiempo operando, en el que se podría haber vuelto al modelo racional-comprehensivo, pero no fue hasta ahora, que aparecieron los casos de nuevas zonas de sacrificio en la Región Metropolitana que salió el tema a la palestra, evidenciando lo importante de tener un Plan Regulador coherente con la urbanización y expansión demográfica de la población.

En el año 2006 se modifica, ampliando así el ámbito de acción del PRMS a la totalidad del territorio regional, definiendo usos urbanos y vías estructurantes para las 12 comunas que se agregaron. Además, en 2013 se le nombra PRMS 100 donde, mediante cambios, se plantea que el crecimiento sustentable no se logra aplicando el modelo físico-espacial, sino que definiendo y asegurando el cumplimiento de mejores estándares de calidad humana. (SEREMI RM MINVU, 2013)

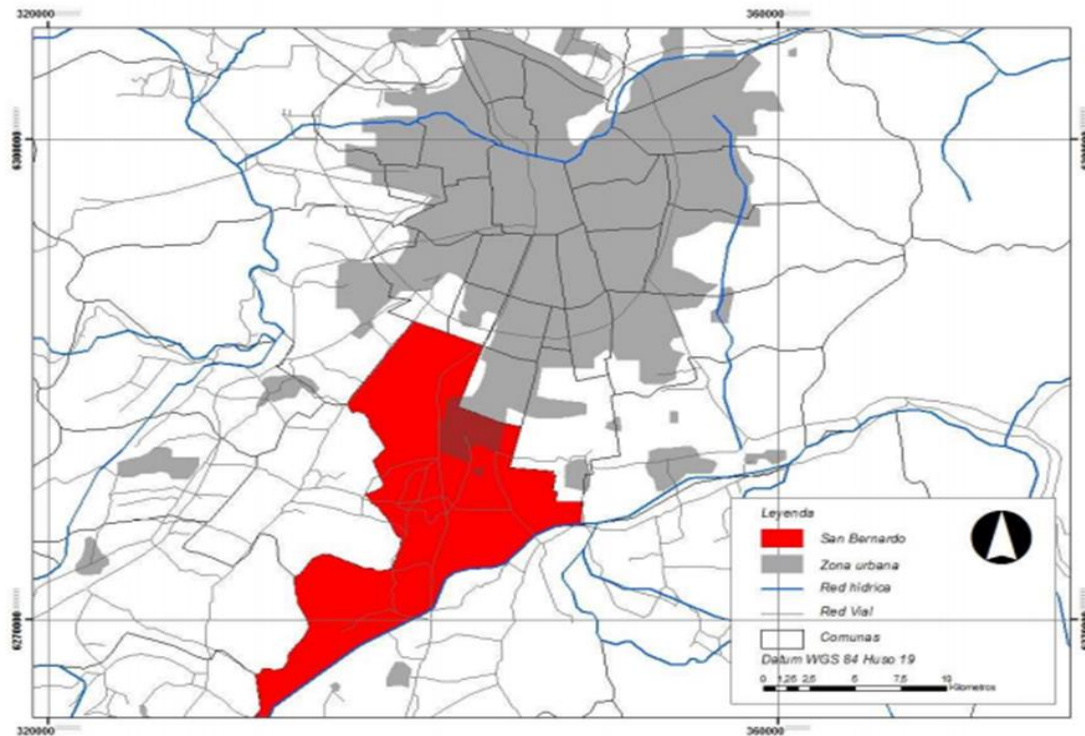
En el año 2011, el Ministerio de la Vivienda y Urbanismos (MINVU) establece que, el crecimiento en extensión de Santiago es inevitable y que se expandiría en forma independiente al tamaño y extensión de su límite urbano. El crecimiento inevitable de Santiago puede ser visto como una oportunidad para multiplicar las opciones de desarrollo económico y social de sus habitantes. Es así como en la actualidad, Santiago se ha convertido en una ciudad densa y que en su modelo de crecimiento por densificación ha generado problemas de congestión vial, deterioro ambiental, conflictos ciudadanos, etc.

El PRMS 100, con todas sus modificaciones, aumentará el área de extensión urbana del Gran Santiago en una superficie equivalente, utilizando dos tipos de uso de suelo: las nuevas zonas de extensión urbana y las zonas de reconversión industrial<sup>1</sup>, pero con la propuesta de incrementar las áreas verdes, con el fin de alcanzar las metas de metros cuadrados por habitante, como también para mejorar el déficit de áreas verdes y favorecer las condiciones de ventilación de la cuenca de Santiago y contribuir a su equilibrio ambiental.

---

<sup>1</sup> Las primeras son territorios nuevos que se incorporan al área de extensión urbana metropolitana, mientras que las zonas de reconversión ya son urbanas y se cambia el uso de industrial exclusivo a habitacional mixto.

**Figura 2.1 Emplazamiento del área urbana principal de la comuna de San Bernardo en la trama del Gran Santiago**

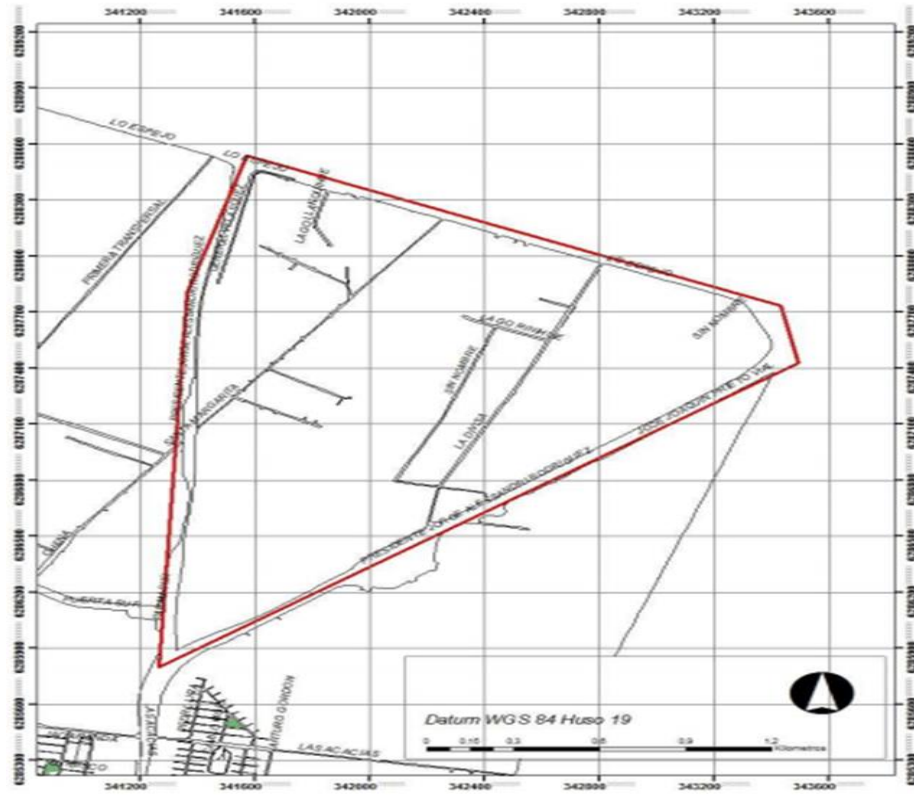


Fuente: PLADECO San Bernardo.

En la Figura 2.1 se puede visualizar, marcado en color rojo, la comuna de San Bernardo y, marcado en color gris, la zona urbana de la comuna de Santiago, donde se puede ver que la expansión poblacional va aumentando hacia las zonas periféricas de Santiago, como lo es San Bernardo.



**Figura 2.2 Polígono de zonificación industrial de San Bernardo**



Fuente: PLADECO San Bernardo.

En la Figura 2.2 se puede evidenciar que, debido a las modificaciones en el PRMS 100, aparece el sector industrial mixto con concentración de industrias (corresponde a zonas con bajo nivel de consolidación o desarrollo incipiente, focalizado entre la Ruta 5, Las Acacias, línea férrea y Lo Blanco), lo que corresponde a una expansión de la zona industrial consolidada en la zona norte de la comuna, pero en la cual convive la actividad productiva con algunos asentamientos habitacionales, focalizados en la intersección de la Ruta 5 y calle Las Acacias. En este sector se encuentran innumerables industrias y con considerable crecimiento y expansión de las mismas, lo que genera un deterioro en la salud de los habitantes del sector.

En el desarrollo urbanístico, las plantas cementeras tienen un rol primordial en la pavimentación y edificación de toda obra urbana, cuya demanda está en función del crecimiento demográfico de la población. Pero cuando el crecimiento de la población es mayor de lo estimado y, además, se encuentra centralizado, la urbanización llega a los lugares que previamente estaban destinados para la industrialización. Debido a una modificación de la Ley General de Urbanismo y Construcciones, mediante el Artículo 50, se establece un procedimiento de excepción permitiendo que, en casos especiales de Proyectos del Servicio de Vivienda y Urbanismos (SERVIU) (proyectos habitacionales dirigidos a resolver problemas de marginalidad) se puedan proponer al MINVU las modificaciones a los planes reguladores que estimen necesario (MINVU, 2015).

Este es el caso de lo sucedido en San Bernardo, específicamente en el sector de Villa Las Margaritas, donde se emplaza un parque industrial. En este contexto, la Municipalidad de San Bernardo, a través de la Ordenanza N°16 (ver Anexo 2), desarrolló proyectos de urbanización de vivienda social en el sector, modificando el instrumento de planificación comunal, Plan Regulador Comunal (PRC) de San Bernardo y Lo Herrera, mediante aplicación del Art. 50 de la Ley General de Urbanismo y Construcciones, otorgándole permisos para la construcción de viviendas en una zona industrial, exponiendo a la población a contaminantes presentes en el aire a causa de las industrias. Es por esto que, es necesario realizar modificaciones al PRMS 100, puntualmente al uso de suelo, para evitar que la población sea expuesta a altos niveles de contaminación, que a largo plazo producen enfermedades respiratorias, además de promover una buena convivencia del sector industrial, donde se respete la salud de las personas y el medio ambiente, promoviendo proyectos de áreas verdes para las comunidades.

Este sector, en el que se pueden evidenciar cementeras instaladas desde comienzos del siglo XXI, tal como Prefabricados de Hormigón Grau y Grau S.A., debido al aumento de la demanda terminó siendo un parque industrial, donde se asentaron más cementeras como Ready Mix S.A., que en la década de los 80' comenzó a ser parte de Cementos Bío Bío S.A. (CBB S.A, 2020), Melón Hormigones S.A., que a mediados del 2010 instala la planta de mayor envergadura a nivel nacional en San Bernardo (Melón S.A., 2020), además de prefabricados de hormigón BOTTAI, cementera BSA, entre otras.

A medida que la población demográfica de la región Metropolitana iba aumentando se requería la ampliación de viviendas para cubrir las necesidades derivadas del aumento de familias. Según el Plan de Desarrollo Comunal de San Bernardo (Jadue, 2011), “el crecimiento observado en los últimos veinte años es principalmente el resultado de planes de erradicación de campamentos provenientes de otras comunas de Santiago, y de la construcción de viviendas sociales básicas destinadas a los segmentos de población de menores ingresos de la ciudad.” Esta situación, posteriormente, da origen al campamento de Ochagavía. Tanto así que, “desde la década de los 80', cientos de familias vivieron como allegados en el campamento Ochagavía, justo donde se separan las comunas de El Bosque y San Bernardo” (Abramovicz, Miranda, & Sciolla, 2015) donde esos sitios, que estaban destinados para la industrialización, se convirtieron progresivamente en campamentos o sectores residenciales. Es así como, “en 2007, el comité “Los Sin Tierra” encabezado por la concejala Margarita Urra, comenzó la búsqueda de un terreno para armar un proyecto de viviendas sociales. Tras algunos intentos fallidos, la agrupación dio con la propiedad donde se encontraba el campamento, y en 2010 consiguieron que les entregaran el territorio.” (Abramovicz, Miranda, & Sciolla, 2015).

Se podría decir que, el surgimiento de nuevas cementeras se produce por la alta demanda en las actividades constructoras, consecuencia del crecimiento de la población y sus necesidades. Comprendiendo así, que las plantas cementeras, estaban mucho antes que los sitios residenciales aledaños.

### **2.1.1 Cemento**

Es un producto de origen mineral, básicamente por mezclas de caliza, arcilla y yeso, que es fabricado con alta tecnología y se usa para unir firmemente diversos materiales de construcción, permitiendo hacer obras resistentes y durables. En Chile, estos podían ser clasificados en tres categorías de acuerdo a sus componentes: portland (compuesto por *clinker* y un bajo porcentaje de yeso), siderúrgicos (compuesto por *clinker* más escoria y yeso) y puzolánicos (compuestos por *clinker*, puzolana y yeso).

El cemento es una de las principales materias primas de construcción, que puede ser distribuido en diferentes formatos, por ejemplo, en hormigón. El hormigón es una mezcla cuidadosamente preparada con cemento, arena, árido grueso y aditivos, en proporciones adecuadas que, al juntarse con agua, se transforma en una masa plástica que puede ser moldeada en cualquier forma y tamaño y que, por efecto de la hidratación del cemento, adquiere en corto tiempo resistencia y dureza. Los cementos se usan para producir morteros y concretos cuando se mezclan con agua y agregados, naturales o artificiales, obteniéndose con ellos elementos constructivos prefabricados o contruidos “in situ” (FICEM, 2021). El cemento es un material versátil, por lo que se utiliza en edificaciones, construcción (carreteras, puentes, casas), decoración, entre otros. En la actualidad, debido al problema medio ambiental que conlleva su producción, es que se han realizado investigaciones para reemplazar el *clinker*. En Chile, un grupo de Ingenieros descubrió una forma de reemplazar al cemento mediante

hormigones híbridos, que incorporan pequeñas cantidades de nanotubos de carbono fabricados de grafeno<sup>2</sup>. La estrategia consistió en reemplazar el *clinker* por materiales suplementarios, como las cenizas volantes provenientes de las centrales termoeléctricas, que en el país son tratados como residuos con destino final en un botadero, por contener altas cantidades de sulfatos (González, 2020). Sin embargo, con este descubrimiento se espera que estos residuos sean reutilizados en nuevas tecnologías, para disminuir la huella de carbono de esta industria tan contaminante que podría dar el paso a una nueva generación de materiales más eficientes y sustentables.

La materia prima para la elaboración del cemento (caliza, arcilla y yeso), provienen de canteras o minas que pasan por un proceso de triturado, para luego ser transportadas en camiones a la planta (CBB Cementos, s.f.), siendo el árido el mayor componente del volumen del hormigón. De esto se puede deducir que, desde la extracción de la materia prima se está emitiendo contaminantes a la atmósfera, ya sea por la extracción o por el proceso de trituración de la roca. Además, en el trayecto de la mina a la planta se contaminan los lugares donde transitan los camiones, porque el aire arrastra el polvo que queda suspendido en él y luego decanta en la calle o zona donde circulan los camiones.

### **2.1.2 Áridos**

Los áridos pueden definirse como “partículas granulares de material pétreo de tamaño variable. Estas partículas se forman por la fragmentación de las diferentes rocas de la corteza terrestre, ya sea en forma natural o artificial

---

<sup>2</sup> El grafeno es uno de los materiales más resistentes conocidos por la ciencia, compuesto por una única capa de átomos de carbono, en una malla hexagonal. También es un excelente conductor de calor y electricidad. (Fuente: <https://www.ing.uc.cl/noticias/ingenieros-chilenos-descubren-como-reemplazar-al-cemento-en-construcciones/>)

(chancado)” (ONDAC, 1997). A diferencia de los áridos de la minería, éstos áridos para cemento u hormigón difieren cumplir ciertos requerimientos en dureza.

La arena y la grava se obtienen de la ribera o lechos de los ríos, donde abundan los llamados “redondeados”, y las rocas mayores deben ser chancadas antes de incorporarlas en el agregado. Las piedras chancadas corresponden a minerales de caliza, granito, dolomita, basalto (trapa), arenisca, cuarzo y cuarzita, y en menor medida arcilla calcárea, mármol, concha y pizarra. Es por esto que, al momento de realizar el chancado de los minerales se debe contar con un sistema de captación de polvo, ya que de estos se desprende sílice cristalina, partículas de polvo finas más conocidas como  $MP_{2,5}$  o  $MP_{10}$ , las primeras de menor tamaño que las últimas. Estas partículas son nocivas para la salud debido a que, al ser de tamaño menor a 2,5 micrones ( $\mu m$ ), ingresan por el sistema respiratorio a los alvéolos y, por consiguiente, al torrente sanguíneo. Dependiendo del grado de exposición al contaminante, se puede producir en las personas la enfermedad más conocida como silicosis, la cual no tiene cura, debido a que estas partículas se depositan en los pulmones provocando una fibrosis pulmonar, dificultando la capacidad de respiración de la persona.

Las operaciones del procesamiento incluyen al chancado, harneado, separación por tamaño, manipulación de materiales y almacenamiento. Todos estos procesos pueden significar fuentes de emisiones de particulado ( $PM_{2,5}$  y  $PM_{10}$ ) si no son controlados (ACHS, 2001), ya que en todos éstos se puede filtrar una cantidad de polvo significativo, en donde algunas empresas cuentan con medidas de mitigación tales como el captar el polvo mediante mangas, o la humectación del suelo para decantar el polvo en suspensión, entre otras.

El material particulado se clasifica según su diámetro aerodinámico, dado que el tamaño de las partículas es la variable crítica que determina la probabilidad y el

lugar de depósito en el tracto respiratorio (Ministerio de Medio Ambiente, 2011), debido a que a menor diámetro aerodinámico es mayor la probabilidad de que estas partículas lleguen a los alvéolos donde se depositan, formando una costra que impide el intercambio gaseoso, provocando que la persona deba realizar un mayor esfuerzo al momento de inhalar, lo que conlleva a una sensación de cansancio.

### **2.1.3 Proceso productivo**

Los procesos de producción, tanto de los productos premezclados como prefabricados, son muy similares. Esencialmente, el proceso se resume en:

1. Selección, recepción y almacenamiento de materias primas.
2. Dosificación y (pre) mezclado.
3. Conformado y vibrado.
4. Fraguado.
5. Desmoldado (si es que éste fuese el método de conformado).
6. Terminación (si se requiere)
7. Almacenamiento y distribución.

Los productos premezclados y predosificados, por lo general, llegan hasta el segundo punto dentro de la instalación de la fábrica y/o en el camino a la obra, y a partir del punto 3 se desarrollan dentro de ésta. Los productos prefabricados cumplen todo el proceso dentro de la planta de producción. Por otra parte, también ocurre que el concreto y el mortero son preparados en el sitio mismo de la construcción. (Zabaleta, 1988). Cada planta cementera tiene su propio proceso productivo de cemento, pero las variaciones son insignificantes. También cabe destacar que, el mortero y el cemento difieren en que el primero es una mezcla de cemento y arena y se utiliza para aparejar ladrillos o bloques de hormigón, y

el segundo en que éste cuenta con una resistencia a extremas temperaturas y tiene un fraguado rápido en comparación con el primero.

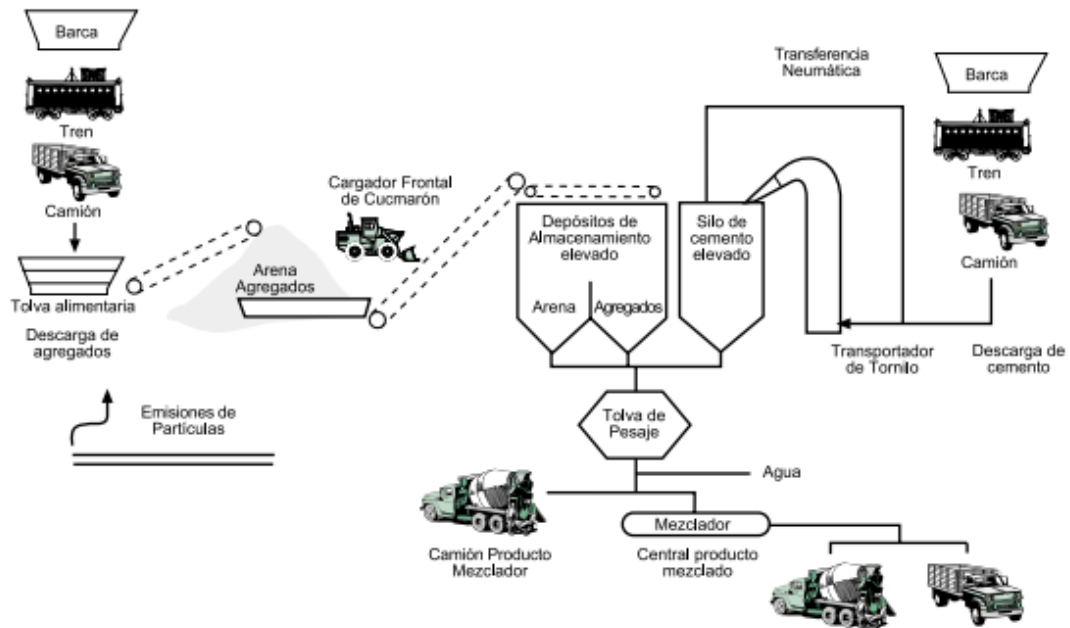
Los camiones mezcladores de hormigón involucran plantas de dosificación. En estas plantas, la arena, el agregado y el cemento son todos alimentados por gravedad desde la balanza-tolva de pesaje directamente hasta el camión mezclador, para luego agregar manualmente el agua. El concreto es mezclado por el camión durante el camino hasta el sitio en que será ocupado. (ACHS, 2001) El transporte del concreto en camiones, ayuda a disminuir el tiempo de realización de los proyectos por trasladar una gran cantidad de éste, pero también produce impactos ambientales negativos en la atmósfera por la utilización de combustibles fósiles (gasolina o petróleo), ya que la demanda de estos camiones en los proyectos inmobiliarios es alta el impacto también. Dichos procesos se identifican en la Figura 2.3, donde se representan de forma esquemática los procesos del hormigón premezclado.

Para el almacenamiento del cemento, este se debe guardar en silos, ensacado a granel para no ocupar demasiado espacio, mientras que la materia prima puede ser colocada en sitios abiertos. Según la empresa Polpaico (2010), para un correcto almacenaje se debe cumplir con ciertos requerimientos:

- Que el silo no tenga ruptura o aberturas para que no afecte la humedad.
- Deben poseer dispositivos para que tengan un flujo uniforme y sistema de parada.
- Deben vaciarse periódicamente para evitar grumos.



**Figura 2.3 Representación esquemática del proceso del hormigón premezclado**



Fuente: Guía para el Control y Prevención de la Contaminación Industrial. (ACHS, 2001)

La mezcla de las materias primas en las plantas de prefabricados, frecuentemente, se realiza mediante agitadores industriales o, a veces, mediante simples betoneras activadas por motores. En ocasiones, la mezcla se realiza de forma más manual, ya que se produce sobre el suelo mediante palas. Sin embargo, este método no asegura que el producto posea la calidad deseada, por lo que la Norma Chilena (NCh 170, 2020) sólo permite su empleo para aplicaciones de baja resistencia específica.

El proceso de conformado puede ser por moldeado de piezas o compresión contra moldes de acero. A veces el molde es de madera u hormigón, por ejemplo, cuando se van introduciendo apilados. En las obras y en plantas de elementos

estructurales prefabricados se utiliza el vibrado (complementariamente a otros procesos de conformado), que además de conformar previene y elimina las fallas tales como grietas y porosidades internas, asegura la adecuada mezcla y mejora la resistencia. (ONDAC, 1997). Este proceso se realiza para garantizar un trabajo de calidad, y que cumple con las especificaciones deseadas.

El curado consiste en propiciar y mantener un ambiente de apropiada temperatura y contenido de humedad en el hormigón recién colocado, de modo que éste desarrolle el potencial de las propiedades que se esperan de él. Un hormigón curado adecuadamente alcanzará su máxima resistencia y durabilidad, será más impermeable y tendrá menor riesgo de fisuración. (Melón S.A., 2020) Este proceso también es conocido como fraguado y es importante realizarlo para que el hormigón sea resistente y durable.

La terminación, dependiendo de los requerimientos del cliente, se realiza para que el producto tenga su forma o diseño final, mediante la utilización de máquinas cortadoras en seco, por lo que se producen agentes contaminantes como polvo y ruido.

Luego de pasar por todos los procesos productivos, el mortero u hormigón son almacenados o llevados para obras donde cumplirán su rol en la construcción. Además, también son despachados a los distintos puntos de ventas.

#### **2.1.4 Producto**

Los productos de cemento son variados y numerosos, pudiéndose clasificar en dos grandes grupos:

- Los hormigones premezclados y morteros predosificados (productos intermedios).

- Productos prefabricados de hormigón.

Estos dos grupos difieren en que los hormigones premezclados y morteros predosificados se despachan directamente a las obras de construcción, donde se utilizan para la elaboración de productos in situ, en cambio los prefabricados son producidos en la planta y se almacenan, para luego comercializarlos. (ACHS, 2001)

“El nivel de producción de mortero es algo menor a un millón de toneladas por año, en tanto que el consumo de hormigón asciende a unos 8.200.000 de toneladas de hormigón anuales. Estos dos productos representan alrededor del 35% del consumo de cemento en el país. El resto de la producción de cemento, es decir unas 2.300.000 toneladas de cemento al año, aproximadamente, corresponden a obras de construcción e infraestructura, elaboración de productos prefabricados y consumo particular al por menor.” (Cámara Chilena de la Construcción, 1997).

## **2.2 Marco Conceptual**

### **2.2.1 Impactos ambientales asociados a las plantas cementeras**

Los grandes problemas ambientales asociados a la fabricación de productos de cemento y hormigón, tienen relación con la emisión de material particulado, prácticamente como único polutante relacionado, con la generación de ruido y con algunas molestias a la comunidad como el flujo de camiones y su consecuente impacto vial y ambiental, aunque menor en comparación al impacto que provocaría el transporte de materias primas, por separado, hasta las obras de construcción (ACHS, 2001).

En el caso de los productos de fibrocemento que contienen asbesto (cañerías, planchas), se sabe que este material tiene implicancias cancerígenas y fibrogénicas, por lo cual se encuentra prohibido y/o normado su uso en algunos países europeos. Éste se presenta como fibras respirables, por lo que su peligrosidad es mayor para la salud. El impacto se produce tanto en la fabricación como en la instalación del producto, más aún si se le da un proceso de terminado en el cual se liberan estas fibras.

#### 2.2.1.1 Fuentes de Generación de Contaminantes

Las principales fuentes de generación de contaminantes dentro del proceso productivo son: recepción de materias primas, mezclado, moldeado, fraguado y almacenamiento. La limpieza (lavado) y el transporte también son fuentes de contaminación (ACHS, 2001), ya que mediante a estas fuentes de generadoras de contaminantes es donde más se puede percibir el polvo en suspensión.

La recepción de materias primas, al igual que el mezclado, se caracteriza por la emisión de particulado y ruido. El moldeado y el fraguado generan aguas residuales y residuos sólidos como las pérdidas de concreto y los productos de descarte. El almacenamiento genera emisión de polvo al aire y residuos sólidos fruto de la pérdida de material y de los elementos de embalaje utilizado. La limpieza o el lavado generan desechos y efluentes que se deben tratar. El transporte inadecuado aporta polvo, pérdida de materiales (áridos por ejemplo) y ruido (ACHS, 2001).

Las fuentes fugitivas pueden producirse por el viento que levanta el polvo, por el funcionamiento de camiones y máquinas, o por el escaso control de los procesos productivos.

### 2.2.1.2 Contaminantes de Emisiones a la Atmósfera

Principalmente, el material particulado es el único contaminante directamente relacionado, y consiste principalmente de polvo de cemento, aunque incluye también agregados áridos y emisiones de polvo de arena (ACHS, 2001), esto sucede porque los áridos son el mayor componente del cemento y éstos se procesan en la misma planta (chancador), emitiendo material particulado.

En el caso del procesamiento de rocas y piedras en el chancado, las emisiones de  $PM_{2,5}$  y  $PM_{10}$  ocurren en un gran número de operaciones, tanto fuentes de proceso como fuentes de polvo fugitivo. Una parte importante de estas emisiones consisten en partículas pesadas que pueden ser abatidas dentro de la planta (fuentes de proceso), pero si no están conectadas a algún sistema de control deben considerarse como fuentes fugitivas (CONAMA, 1997).

Los factores que afectan el nivel de emisiones incluyen la distribución de tamaño de las rocas (contenido de finos), el contenido de humedad superficial de la piedra procesada (las partículas humedecidas se aglomeran o se adhieren a la superficie de las piedras mayores), la razón de rendimiento del proceso, el tipo de equipos y las prácticas de operación usadas, los factores climático (viento), estacional (verano, por la mayor tasa de evaporación) y topográfico (zonas áridas) (Steiner, 1991).

La Tabla 2.1 señala los factores de emisión estimados para algunos procesos del chancado de áridos.

**Tabla 2.1 Factores de emisión para algunas etapas en el procesamiento de áridos y agregados**

FUENTE	FILTRABLE	
	PM	PM-10
Horneado o cribado	E	0.0076
Horneado o cribado controlado	E	0.00042
Chancado primario	0.00035	NI
Chancado secundario	NI	NI
Chancado terciario	E	0.0012
Chancado primario controlado	NI	NI
Chancado secundario controlado	NI	NI
Chancado terciario controlado	E	0.00029
Molienda de finos	E	0.0075
Molienda de finos controlada	E	0.0010
Horneado de finos	E	0.036
Horneado de finos controlado	E	0.0011
Punto de transferencia del transportador	E	0.00072
Descarga del camión: piedra fragmentada	NI	8*10 <sup>6</sup>

Fuente: EPA. AP-42.

Notas:

Los factores representan las emisiones no controladas a menos que se indique lo contrario.

NI: no información

E: en reevaluación por parte de la EPA

Todos los valores están en kg/ton de material procesado.

El hecho de que se emitan partículas fugitivas de polvo durante el carguío o traspaso de materia prima es, en función del grado de humedad superficial de estos materiales, como también, del resguardo de las pilas y los procesos.

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) ha estimado algunos valores para las fuentes de emisión potencial de particulado, asociadas a las distintas etapas del procesamiento, los que se muestran en la Tabla 2.2.

**Tabla 2.2 Factores de emisión para etapas en la producción de materiales de cemento, hormigón y actividades asociadas**

FUENTE	FILTRABLE	
	PM	PM-10
Transferencia de arena y agregados a tolva elevada.	0.014	NI
Descarga de cemento a silos elevados de almacenamiento.	0.13	NI
Carga de la balanza-tolva de pesaje	0.01	NI
Carga del mezclador	0.02	NI
Carga del camión	0.01	NI
Tráfico vehicular (calles no pavimentadas)	4.5	NI
Arrastre de arena y agregados por la erosión del viento	3.9	NI
Emisiones totales del proceso de los camiones de mezcla	0.05	NI

Fuente: EPA. AP-42.

Notas:

Los factores representan las emisiones no controladas

NI: no información.

E: en reevaluación por parte de la EPA.

Todos los valores están en kg/ton de material mezclado, consistente en una medida típica de 227 kg de cemento, 564 kg de arena, 864 kg de áridos, y 164 kg de agua.

De la Tabla 2.2 se logra distinguir que, la mayor predominancia y molestias ambientales provenientes de esta actividad son por la generación de polvo. Éste ha generado impactos negativos en personas, vegetación y/o suelos cercanos a plantas cementeras. Puede establecerse que, las partículas de polvo tienden a depositarse sobre las hojas de árboles y plantas verdes, impidiendo que reciban toda la energía luminosa del sol necesaria para la fotosíntesis. Este polvo también interviene en el intercambio gaseoso de las plantas, al bloquear los poros de las estomas, y su alcalinidad provoca alteraciones químicas en los órganos externos de los vegetales (saponificación de la cutícula protectora y lesión de las células interiores) y el suelo. En efecto, el polvo del cemento puede elevar el pH del suelo y afectar el crecimiento de las plantas debido a que forma compuestos con el agua que impiden su paso posterior hacia las capas inferiores debido a la formación de una costra sobre el suelo. Además, sobre frutos blandos y vegetales

puede producir un sabor desagradable y reducir su valor en el mercado. En medios neutros, se ha comprobado que las especies acidófilas (como las papas) son afectadas en presencia del polvo de cemento. (Doménech, 1994)

## **2.2.2 Relación de emisiones atmosféricas con la salud de las personas**

### **2.2.2.1 Contaminación Atmosférica**

La contaminación atmosférica es la presencia de elementos contaminantes en la atmósfera, tales como el polvo, humos o gases en proporciones y periodos de tiempo, que son dañinos para los seres humanos, la vida silvestre y la propiedad. (SINCA, 2009) La contaminación atmosférica emitida por las cementeras principalmente son el polvo y material particulado fino proveniente de la combustión de los hornos.

### **2.2.2.2 Clasificación de los Contaminantes**

Los contaminantes se pueden clasificar de la siguiente manera (Morales, 2006):

- a) Según su origen, los contaminantes se clasifican en antropogénicos, derivados de la actividad humana o naturales, resultantes de procesos de la naturaleza, por ejemplo, erupciones volcánicas o polen en suspensión.
- b) Según su estado físico, son gases como los óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>), de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), el monóxido de carbono (CO), los hidrocarburos y el ozono (O<sub>3</sub>) o partículas como polvo y aerosoles. Se consideran primarios cuando están presentes tal como fueron emitidos y secundarios, cuando se forman a partir de los primarios por una reacción química como es el caso del O<sub>3</sub> y de los ácidos sulfúrico y nítrico.



- c) Según su tamaño, las partículas se depositan cerca de la fuente de emisión. Si son muy pequeñas pueden mantenerse suspendidas y ser transportadas a grandes distancias. Dentro de las partículas suspendidas, se denomina "respirables" a las de un diámetro menor o igual a  $10 \mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) por su capacidad de introducirse en las vías respiratorias. Cuanto más pequeñas son las partículas, mayor es su capacidad de penetración en el árbol respiratorio. Las partículas finas cuyo diámetro aerodinámico es  $\leq 2,5 \mu\text{m}$  alcanzan fácilmente los bronquiólos terminales y los alvéolos, desde donde pueden ser fagocitadas para ser transportadas hacia otros órganos por la circulación sanguínea.

En Chile, existen normas de calidad del aire que se refieren a los límites permisibles para cada compuesto, y que sobrepasando esos niveles se espera la aparición de efectos indeseados. Las normas primarias son las que protegen la salud de la población con un margen de seguridad. Estas normas primarias de calidad del aire (ver Tabla 2.3) son actualizadas periódicamente (Matus, et al., 2002).

**Tabla 2.3 Normas nacionales primarias de calidad de aire**

Contaminante	Norma (media)	Unidad	Periodo de evaluación
Partículas $\leq 10 \mu\text{m}$ ( $\text{PM}_{10}$ )	150	$\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ N}^{**}$	Diario
	50	$\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ N}$	Anual
Dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ )	80	$\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ N}$	Anual
	250	$\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ N}$	Diario
Ozono ( $\text{O}_3$ )	120	$\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ N}$	8 horas
	60	ppb	
Monóxido de carbono ( $\text{CO}$ )	30	$\text{mg}/\text{m}^3 \text{ N}$	1 hora
	26	ppm	8 horas
	10	$\text{mg}/\text{m}^3 \text{ N}$	
	9	ppm	
Dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ )	100	$\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ N}$	Anual
	400	$\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ N}$	1 hora
Plomo ( $\text{Pb}$ )	0,5	$\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ N}$	Anual

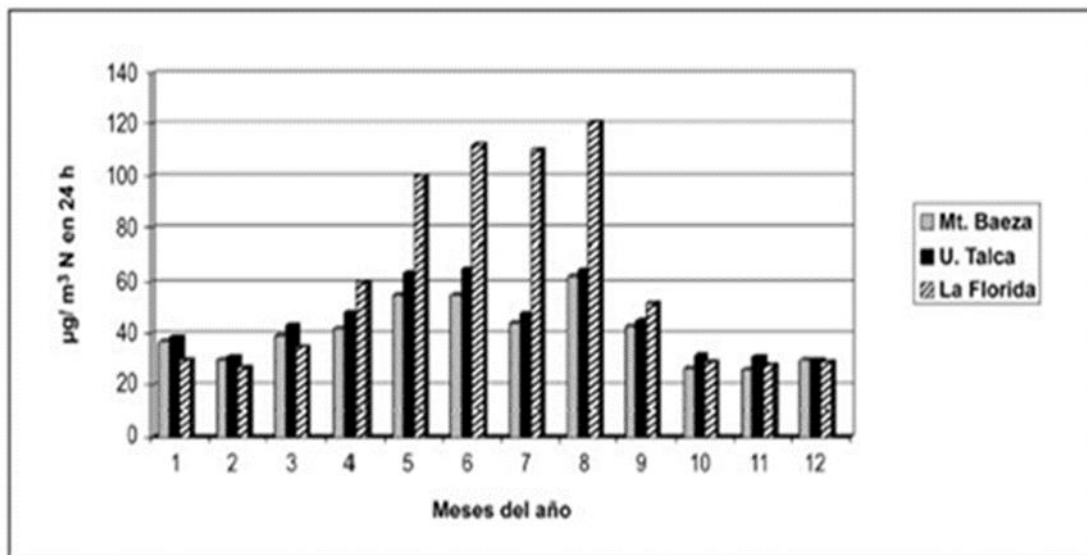
Fuente: Decreto Supremo 59/1998 y 136/2000.

Nota: Las medias aritméticas no deben superarse en 3 años sucesivos, excepto en el caso del Pb, que no debe superarse en 2 años sucesivos \*\* $\text{m}^3 \text{ N}$  = metro cúbico normal (a 25 °C y 760 mmHg); ppm = partes por millón ( $1 \times 10^6$ ); ppb = partes por billón USA ( $1 \times 10^9$ ). Equivalencia entre ppm y  $\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ N}$ :  $\text{ppm} = [24,45 \cdot (\text{mg}/\text{m}^3)] / \text{peso molecular en gramos}$ .

Si bien en Chile la situación de la Región Metropolitana representa el caso más emblemático y notorio de contaminación atmosférica (Morales, 2006), otras ciudades también presentan altos niveles de contaminación del aire. Se han detectado niveles altos en ciudades cercanas a complejos mineros, tales como Copiapó y Rancagua o industriales como Puchuncaví (Sánchez, et al., 1999), y también en ciudades del sur de Chile que usan leña como fuente energética en invierno, como sucede con Osorno y Temuco (Sanhueza, 2006) y Coyhaique. En el año 2004, Temuco fue declarada zona saturada para  $\text{PM}_{10}$  cuyos niveles más elevados se detectaron en invierno y en horario vespertino. En la Región del Maule, Talca registra altos niveles de contaminación atmosférica, especialmente en el sector La Florida (ver Figura 2.4). Las concentraciones atmosféricas de material particulado fino, medidas en este sector de Talca, indican que durante

los meses de mayo a agosto se estarían superando las guías de calidad del aire de la Organización Mundial de la Salud, por lo que la población expuesta estaría con niveles de riesgo inaceptables.

**Figura 2.4 Promedios mensuales de PM<sub>10</sub> registrados en Talca durante 2007**



Fuente: SEREMI, VII REGIÓN. 2007

Nota: Las columnas representan los niveles de PM<sub>10</sub> en µg/ m<sup>3</sup> normal en 24 h, medidos en las estaciones situadas en los sectores de Monte Baeza, Universidad de Talca y La Florida.

### 2.2.2.3 Efectos en la Salud

Los efectos de los contaminantes sobre la salud se han estudiado a través de diversos modelos experimentales (exposición a contaminantes de células, tejidos, animales y voluntarios) y epidemiológicos (episodios de contaminación, comparación de poblaciones expuestas versus no expuestas, sanos versus enfermos y meta-análisis). Por lo tanto, es el conjunto de resultados obtenidos aplicando estos diferentes diseños en el estudio de los contaminantes, lo que les confiere mayor valor a los efectos encontrados (D'Amato, et al., 2002).

#### 2.2.2.4 Efectos de los Contaminantes en el Sistema Respiratorio

Los efectos adversos en el sistema respiratorio dependen, por una parte, de la concentración y la duración de la exposición y por otra, de la susceptibilidad de las personas expuestas. La dosis efectivamente recibida es dependiente de la ventilación minuto, según la siguiente fórmula (Oyarzún, 2010):

$$Dosis\ efectiva = [Concentración] \cdot [Tiempo\ de\ exposición] \cdot \left[\frac{Ventilación}{min}\right]$$

Entre los factores que aumentan la ventilación, elevando la carga de contaminantes que recibe el pulmón, destaca el aumento de la temperatura y humedad que dificultan la termólisis, el aumento de la altitud, que lleva a la disminución de la presión inspirada de O<sub>2</sub> y por ende a hipoxemia hipobárica, el aumento de la progesterona (en el embarazo), estados febriles y el ejercicio físico. Todas ellas son condiciones que provocan un aumento de la frecuencia respiratoria y del volumen corriente que son los factores determinantes de la ventilación minuto.

Los niños y senescentes son especialmente susceptibles a los efectos de los contaminantes (ver Tabla 2.4). Por otra parte, la presencia de enfermedades respiratorias y cardiovasculares también aumenta la vulnerabilidad a los contaminantes aéreos, ya que estas condiciones se acompañan de disnea, aumento de la ventilación minuto y dificultad de depuración de las vías respiratorias por edema, inflamación, limitación del flujo aéreo o por disminución de la capacidad de movilización de volúmenes pulmonares.

**Tabla 2.4 Factores que explican la mayor susceptibilidad del sistema respiratorio a los contaminantes atmosféricos de la infancia y en la senectud**

Infancia	Senectud
Menor efectividad de la tos por menor desarrollo de la musculatura respiratoria	Disminución de la fuerza de los músculos inspiratorios y menor efectividad de la tos
Mayor ventilación por mayor frecuencia respiratoria en reposo, aumenta la dosis efectiva de contaminantes	Rigidez torácica
Ausencia de ventilación colateral agrava la obstrucción de vías aéreas periféricas (< 2 mm de diámetro)	Disminución de la respuesta ventilatoria a la hipoxia y a la hipercapnia
Mayor resistencia de las vías aéreas periféricas genera el 50% de la resistencia total al flujo aéreo (en el adulto es < 20%)	Disminución de la percepción de obstrucción bronquial
Menor volumen pulmonar y menor superficie alveolar	Disminución de la superficie alveolar por "enfisema senil"
Mecanismos defensivos no plenamente desarrollados y mayor dificultad en la eliminación de partículas desde las vías aéreas	Disminución de la depuración mucociliar
Mayor exposición a contaminantes atmosféricos, porque los niños pasan mayor parte de su tiempo al aire libre	

Fuente: Revista Chilena de Enfermedades Respiratorias, 2010

Los principales contaminantes aéreos se han asociado a efectos específicos sobre el sistema respiratorio (ver Tabla 2.5). Sin embargo, las personas se ven expuestas a menudo a una mezcla de ellos, lo que potencia los efectos que produce cada uno. Es así como se ha descrito potenciación de efectos entre PM<sub>10</sub> y SO<sub>x</sub> y entre SO<sub>x</sub> y O<sub>3</sub> y más recientemente entre PM<sub>10</sub> y ozono.

**Tabla 2.5 Efectos adversos de los contaminantes aéreos sobre el sistema respiratorio**

Contaminante	Efecto a corto plazo	Efecto a largo plazo
Material particulado "respirable" (PM <sub>10</sub> ) y fino (PM <sub>2,5</sub> )	Aumento de morbimortalidad respiratoria Disminución en la función pulmonar Interferencia en mecanismos de defensa pulmonar: fagocitosis y depuración mucociliar Síndrome bronquial obstructivo	Menor desarrollo de la estructura y función del sistema respiratorio  Mayor riesgo de cáncer en la edad adulta (HAPs)
Particulado ultrafino (PM <sub>0,1</sub> )	Mayor respuesta inflamatoria. (comparado con PM <sub>10</sub> y PM <sub>2,5</sub> ) Pasaje rápido a la circulación y a otros órganos	
Ozono (O <sub>3</sub> )	Disminución de frecuencia respiratoria y disminución de CVF y VEF <sub>1</sub> Alveolitis neutrofílica, aumento de permeabilidad e hiperreactividad bronquial Alteración del epitelio alveolar (células tipo II)	Daño de células epiteliales, "bronquiolización" alveolar Disminución del desarrollo de CVF y VEF <sub>1</sub>
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	Obstrucción bronquial Hipersecreción bronquial	Bronquitis crónica
Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	Hiperreactividad bronquial Aumento de síntomas respiratorios y exacerbaciones de asma Aumenta la respuesta a la provocación con alérgenos Disminución de la actividad mucociliar	Posible decremento del desarrollo pulmonar
Monóxido de carbono (CO)	Disminución en la capacidad de ejercicio	
Plomo (Pb)	Alteración del epitelio bronquiolar (células de Clara)	

Fuente: Fuente: Revista chilena de enfermedades respiratorias, 2010

Nota: CVF: Capacidad vital forzada; VEF<sub>1</sub>: Volumen respiratorio forzado en el primer segundo, HAPs: Hidrocarburos aromáticos policíclicos.

Los contaminantes atmosféricos también contribuyen en la disminución de la función pulmonar y al aumento de la reactividad bronquial, a disminuir la tolerancia al ejercicio y a aumentar el riesgo de bronquitis obstructiva crónica, enfisema pulmonar, exacerbación del asma bronquial y cáncer pulmonar, entre otros efectos. En Chile, desde 1980, han proliferado los estudios que demuestran efectos de la contaminación atmosférica, especialmente de las partículas, sobre la mortalidad diaria, síntomas y consultas respiratorias. Estos estudios realizados primero en Santiago y luego en Temuco (Sanhueza, 2006), han confirmado los

resultados comunicados en publicaciones internacionales que han establecido que por cada 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de elevación de los niveles de  $\text{PM}_{10}$  en 24 horas se produce en promedio un aumento de alrededor del 3% de la mortalidad general. Estos estudios han detectado también que el aumento de  $\text{PM}_{10}$  se asocia a aumento de la mortalidad respiratoria y cardiovascular.

En relación con el  $\text{PM}_{2,5}$ , estudios nacionales han encontrado que un aumento de esta concentración por encima de 70  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  propicia el aumento de las consultas por neumonías infantiles (Ilabaca et al, 1999). Por otra parte, un aumento de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en el promedio diario de  $\text{PM}_{2,5}$  se asoció a un aumento de 5% del riesgo de síndrome bronquial obstructivo con un día de rezago en un seguimiento de 504 lactantes menores de 1 año usuarios de consultorios del área Suroriente de Santiago. La asociación entre  $\text{PM}_{2,5}$  y síndrome bronquial obstructivo se mantuvo hasta con 9 días de rezago y fue más evidente en lactantes con historia de asma familiar que en lactantes sin este antecedente. (Oyarzún et al, 2004)

Los efectos agudos de la exposición a  $\text{PM}_{10}$  y dióxido de azufre sobre la salud respiratoria fueron evaluados durante 66 días en 114 niños de 6 a 12 años que habitaban el área de influencia del complejo industrial Puchuncaví-Ventanas en la Región de Valparaíso, encontrándose que la exposición a estos contaminantes redujo el flujo espiratorio cúspide (PEF) y aumentó significativamente la ocurrencia de tos y expectoración y el uso de broncodilatadores en los niños inicialmente sintomáticos respiratorios. En los niños asintomáticos, la exposición redujo el PEF y aumentó la ocurrencia de sibilancias. Concluyéndose que la salud respiratoria de estos niños estaba siendo afectada por estos contaminantes siendo urgente y necesario disminuir los niveles de contaminación atmosférica en esa zona (Sánchez, et al., 1999).

### 2.2.2.5 Efectos de los Contaminantes Sobre Otros Órganos y Sistemas

Los efectos causados por los contaminantes sobre otros órganos y sistemas son múltiples y pueden afectar a los diferentes órganos y sistemas con diversos grados de intensidad (ver Tabla 2.6). En las últimas décadas se ha puesto énfasis en los efectos cardiovasculares. La morbimortalidad por enfermedades cardiovasculares aumenta con la contaminación atmosférica especialmente de PM<sub>10</sub> y CO, especialmente por arterioesclerosis, arritmias e insuficiencia coronaria en adultos (Peters et al., 2004).

**Tabla 2.6 Efectos no respiratorios de los contaminantes atmosféricos**

Órganos / Sistemas	Contaminantes	Efectos
Cardiovascular	Material particulado	Disminución de la variabilidad en la frecuencia cardíaca ante el estrés
	Monóxido de carbono	Interfiere el transporte de O <sub>2</sub> por la hemoglobina
	Plomo / Vanadio	Mayor frecuencia de hipertensión arterial en población adulta
	Ozono (O <sub>3</sub> )	Comunicación interventricular (administración prenatal en ratas)
Unidad materno-fetal	Monóxido de carbono y PM <sub>2.5</sub> (hidrocarburos aromáticos policíclicos: HAP)	Bajo peso de nacimiento Baja talla al nacer
Sistema nervioso central y autonómico	Monóxido de carbono	Cefalea, irritabilidad, disminución de percepción auditiva y visual. Compromiso progresivo y letal de conciencia en concentraciones altas
	Plomo	Hiperquinesia, trastornos del aprendizaje; encefalopatía; cólicos intestinales
	Ozono (O <sub>3</sub> )	Daño cerebeloso en células de Purkinje (administrado prenatalmente en ratas)
Renal	Cadmio y Vanadio Plomo	Toxicidad renal Tubulopatía
Hematopoyético	Plomo	Anemia
Óseo	Plomo	Reemplazo del Ca <sup>2+</sup> en los huesos produciendo descalcificación

Fuente: Revista Chilena de Enfermedades Respiratorias, 2010



Otro hecho relevante es la presencia de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), como componentes del material particulado. Estos compuestos se generan por la combustión incompleta de material orgánico (petróleo, gasolina, leña, carbón y biomasa en general). En la fracción orgánica del material particulado de ciudades con altos niveles de contaminación atmosférica se han identificado numerosas especies de HAPs, siendo seis de ellos catalogados como cancerígenos por la International Agency of Research on Cancer, donde más cancerígeno es el benzo  $\alpha$ -pireno el HAP, presente en el humo del cigarrillo y en el smog de ciudades con alta contaminación, incluyendo a Santiago. Estos HAPs pueden reaccionar con  $\text{NO}_2$  generando nitroarenos que tienen gran actividad mutagénica.

Aunque en Santiago aún no existen estudios epidemiológicos acerca de la influencia de los HAPs atmosféricos en la génesis de cáncer pulmonar o en cánceres de otros órganos o sistemas, las concentraciones aéreas de estos compuestos sugieren que podrían tener algún papel en la incidencia de esta enfermedad. Un estudio prospectivo de mortalidad sobre un total de 1,2 millones de estadounidenses seguidos durante 16 años (1982-98) comunicó que un aumento de  $\text{PM}_{2,5}$  en  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  se asoció a aumento en el riesgo de mortalidad por cáncer pulmonar de aproximadamente 8%, de 4% de mortalidad global y de 6% de mortalidad cardiopulmonar. (Pope et al, 2002)

En resumen, la evidencia acumulada hasta ahora indica que, los contaminantes atmosféricos son responsables de contribuir al aumento de la mortalidad general, de la mortalidad infantil, de la mortalidad de mayores de 65 años y de las hospitalizaciones por enfermedades respiratorias y cardíacas. Todos ellos son efectos indeseables para la salud de la población expuesta, de allí la importancia de lograr controlarla y eventualmente abatirla (Oyarzún 2006).

## **2.3 Marco Legal**

### **2.3.1 Ley 19300/94 Ley de Bases Generales del Medio Ambiente**

Esta ley establece un marco general de regulación del derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental.

### **2.3.2 D.S. N° 458/76 Aprueba Nueva Ley General de Urbanismo y Construcciones**

Esta Ley, en su artículo 1°, establece que “las disposiciones de la presente ley, relativas a planificación urbana, urbanización y construcción, y las de la Ordenanza que sobre la materia dicte el Presidente de la República, regirán en todo el territorio nacional”.

Asimismo, en su artículo 50°, se establece que “en casos especiales de proyectos de los Servicios Regionales o Metropolitano de Vivienda y Urbanización, éstos podrán proponer al Ministerio de la Vivienda y Urbanismo a través de la respectiva Secretaría Regional, las modificaciones a los Planes Reguladores que estimen necesario. El Ministerio aprobará dichas modificaciones previo informe de la Municipalidad respectiva, la que deberá evacuarlo en el plazo de 30 días. Vencido este plazo, el Ministerio podrá resolver, aunque no se haya emitido dicho informe”.

### 2.3.3 D.S. N° 718/77 Crea Comisión Mixta de Agricultura y Urbanismo

Esta Ley, en su artículo 1º, establece que se crea “la Comisión Mixta de Agricultura, Urbanismo, Turismo y Bienes Nacionales, la que tendrá la composición y funciones que se indican en los artículos que siguen.

“La Comisión Mixta de Agricultura, Urbanismo, Turismo y Bienes Nacionales tendrá las siguientes funciones:

Conocer e informar técnicamente los asuntos relativos a modificaciones de límites urbanos y cambio de uso de suelo agrícola, conciliando los puntos de vista de los Ministerios de Agricultura y Vivienda y Urbanismo y del Servicio Nacional de Turismo y del Ministerio de Bienes Nacionales, para lo cual deberá estudiar y proponer la fijación de dichos límites urbanos en todas las ciudades y pueblos del territorio nacional y la ampliación o reducción de los mismos, en conformidad a las disposiciones del Art. 166º de la ley N° 16.640 y Arts. 53º y 54º del D.S. número 458, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, de 1975”.

### 2.3.4 D.S. N° 47/92 Fija Nuevo Texto de la Ordenanza General de la Ley General de Urbanismo y Construcciones

En su artículo 1.1.1., se estipula que “la presente Ordenanza reglamenta la Ley General de Urbanismo y Construcciones, y regula el procedimiento administrativo, el proceso de planificación urbana, el proceso de urbanización, el proceso de construcción, y los estándares técnicos de diseño y de construcción exigibles en los dos últimos”.

### 2.3.5 Resolución N° 20/94 Aprueba Plan Regulador Metropolitano de Santiago

Esta Resolución, en el artículo 1.2., señala que “las disposiciones contenidas en esta Ordenanza se refieren a las materias siguientes: Límites de Extensión Urbana, Zonificación Metropolitana, Uso del Suelo, Equipamientos de carácter Metropolitano e Intercomunal, Zonas Exclusivas de Usos Molestos, Áreas de Restricción, Áreas de Resguardo de la Infraestructura Metropolitana, Intensidad de Ocupación del Suelo, como asimismo actividades que provocan impacto en el sistema metropolitano y exigencias de urbanización y edificación cuando sea pertinente. No obstante, lo anterior, la Secretaria Ministerial de Vivienda y Urbanismo, podrá calificar, de acuerdo a sus facultades, otras materias que deban ser tratadas a nivel intercomunal. En todo lo no previsto en la presente Ordenanza regirán las disposiciones de la Ley General de Urbanismo y Construcciones, su Ordenanza y la legislación y Normas complementarias que corresponda” (Gobierno Regional Metropolitano, 1994).

### 2.3.6 Decreto con Fuerza de Ley N° 725/67. Código Sanitario

Este Decreto con Fuerza de Ley (DFL), en su artículo 1°, establece que “el Código Sanitario rige todas las cuestiones relacionadas con el fomento, protección y recuperación de la salud de los habitantes de la República, salvo aquellas sometidas a otras leyes”.

Asimismo, en su artículo 4°, estipula que “a las Municipalidades corresponde atender los asuntos de orden sanitario que le entregan el artículo 105° de la Constitución Política del Estado y las disposiciones de este Código”.

2.3.7 Decreto Supremo N° 144/61 Establece Normas para Evitar Emanaciones o Contaminantes Atmosféricos de Cualquier Naturaleza

Este Decreto Supremo (D.S.), en su artículo 1°, estipula que “los gases, vapores, humos, polvo, emanaciones o contaminantes de cualquiera naturaleza, producidos en cualquier establecimiento fabril o lugar de trabajo, deberán captarse o eliminarse en forma tal que no causen peligros, daños o molestias al vecindario”.

2.3.8 Decreto Supremo N° 32/90 Reglamento de Funcionamiento de Fuentes Emisoras de Contaminantes Atmosféricos que Indica en Situaciones de Emergencia de Contaminación Atmosférica

En el D.S. N° 32/90 se establece que “considerando que la contaminación atmosférica de la Región Metropolitana alcanza niveles peligrosos para la salud de los habitantes en algunas épocas del año y que es necesario adoptar oportunamente las medidas técnicas conducentes a controlar la situación señalada, y teniendo presente las facultades que me confiere el artículo 32 N° 8 de la Constitución Política del Estado”, para lo cual dictó el siguiente artículo:

“Artículo 1° Cuando se superen las concentraciones correspondientes al nivel 2° o al nivel 3° según lo dispuesto en el Decreto Supremo N° 59 de 1998, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, la autoridad sanitaria podrá ordenar, por el medio más rápido y expedito a su alcance, la paralización por períodos de 24 horas, renovables, de aquellas fuentes emisoras de contaminantes atmosféricos que figuren en el Listado de Paralización elaborado por SESMA”.

2.3.9 Decreto Supremo N° 185/91 Reglamenta el Funcionamiento de Establecimientos Emisores de Anhídrido Sulfuroso, Material Particulado y Arsénico en Todo el Territorio Nacional

El D.S. N° 185/91 señala que “considerando: Que la Constitución Política de la República garantiza a los habitantes el derecho a vivir en un ambiente libre de contaminación y, por consiguiente, constituye deber del Estado velar para que este derecho no sea afectado y tutelar la preservación de la naturaleza.

Por su parte, en su Artículo 1° establece que “El presente Decreto regulará a los establecimientos y fuentes emisoras de anhídrido sulfuroso, material particulado o arsénico que se mencionan en el artículo 2°, actualmente en operación o que se instalen en fecha posterior a la publicación de este Decreto”.

2.3.10 Decreto Supremo N° 4/92 Establece Norma de Emisión de Material Particulado a Fuentes Estacionarias Puntuales y Grupales Ubicadas en la Región Metropolitana

En el D.S. N° 4/92 se establece lo siguiente:

“1) Que la Constitución Política del Estado permite a la ley establecer restricciones al ejercicio de determinados derechos o libertades, y limitar e imponer obligaciones a los modos de usar, gozar y disponer de la propiedad derivadas de la función social de este derecho, en cuanto lo exija la utilidad y la salubridad públicas y la conservación del patrimonio ambiental.

2) Que el Código Sanitario entrega a un reglamento el fijar las normas sobre conservación y pureza del aire, el cual determina además los casos y condiciones

en que puede ser prohibida o controlada la emisión a la atmósfera de las sustancias contaminantes.

3) Que la provincia de Santiago más las comunas de Puente Alto y San Bernardo, es un área saturada desde el punto de vista atmosférico, lo que acarrea graves peligros para la salud de los ciudadanos, y por lo tanto existe un Plan de Descontaminación Ambiental sancionado por el Consejo de Ministros de la Comisión Especial de Descontaminación de la Región Metropolitana el cual establece las medidas para disminuir las emisiones de gases y partículas”.

2.3.11 Decreto Supremo N° 1.583/93 Establece Norma de Emisión de Material Particulado a Fuentes Estacionarias Puntuales que Indica, Ubicadas en la Región Metropolitana

El D. S. N° 1.583/93 señala lo siguiente:

“Considerando: Que el decreto supremo N° 4, de 13 de enero de 1992, del Ministerio de Salud, estableció normas de emisión de material particulado a fuentes estacionarias puntuales y grupales ubicadas en la Región Metropolitana, exceptuando de su aplicación a las fuentes estacionarias puntuales que emitan más de una tonelada diaria de material particulado.

Artículo 1°. El presente decreto supremo se aplicará a las fuentes estacionarias puntuales que emitan más de una tonelada diaria de material particulado que se encuentren ubicadas dentro de la Región Metropolitana, en adelante "las fuentes estacionarias"”.

2.3.12 Decreto Supremo N° 2.467/93 Ministerio de Salud Aprueba Reglamento de Laboratorios de Medición y Análisis de Emisiones Atmosféricas Provenientes de Fuentes Estacionarias

El D. S. N° 2.467/93 establece lo siguiente:

“Artículo 1°. Los Servicios de Salud otorgarán reconocimiento a laboratorios de salud pública en materia de medición y análisis de emisiones provenientes de fuentes estacionarias, en conformidad con las disposiciones del presente reglamento.

Artículo 2°. Para los efectos de este reglamento se aplicarán las definiciones contenidas en el artículo 2° del decreto supremo N° 4 de 1992, del Ministerio de Salud. Además, las expresiones que a continuación se indican tendrán el significado que se señala:

- a) Metodología de medición: Conjunto de normas técnicas aprobadas por el Ministerio de Salud, para determinar las emisiones de fuentes estacionarias.
- b) Modelo o tipo de fuentes grupales: Es un grupo de fuentes que desarrollan una misma actividad, con características similares de diseño, construcción y condiciones de operación.
- c) Medición de emisiones: Determinación de contaminantes atmosféricos provenientes de fuentes estacionarias, practicada mediante la metodología establecida por el Ministerio de Salud.
- d) Factor de emisión: Valor que determina la cantidad de un contaminante emitido a la atmósfera por unidad de actividad desarrollada por la fuente, calculado a partir de mediciones.
- e) Aseguramiento de calidad: Conjunto de acciones planificadas y sistemáticas, necesarias para garantizar que un producto o un servicio cumplen los requisitos de calidad establecidos.



f) Calibración: Establecer con la mayor exactitud posible, la correspondencia entre las indicaciones de un instrumento de medida y los valores de la magnitud de lo que se mide con él”.

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1 Metodología del Trabajo

Para el desarrollo de la metodología del trabajo de título, se realizará el análisis de la información recopilada sobre la evolución en el siglo XXI de los impactos, enfermedades, y emisiones producidas por las plantas cementeras, para poder vincular el aumento de las enfermedades con las emisiones producidas por las plantas cementeras.

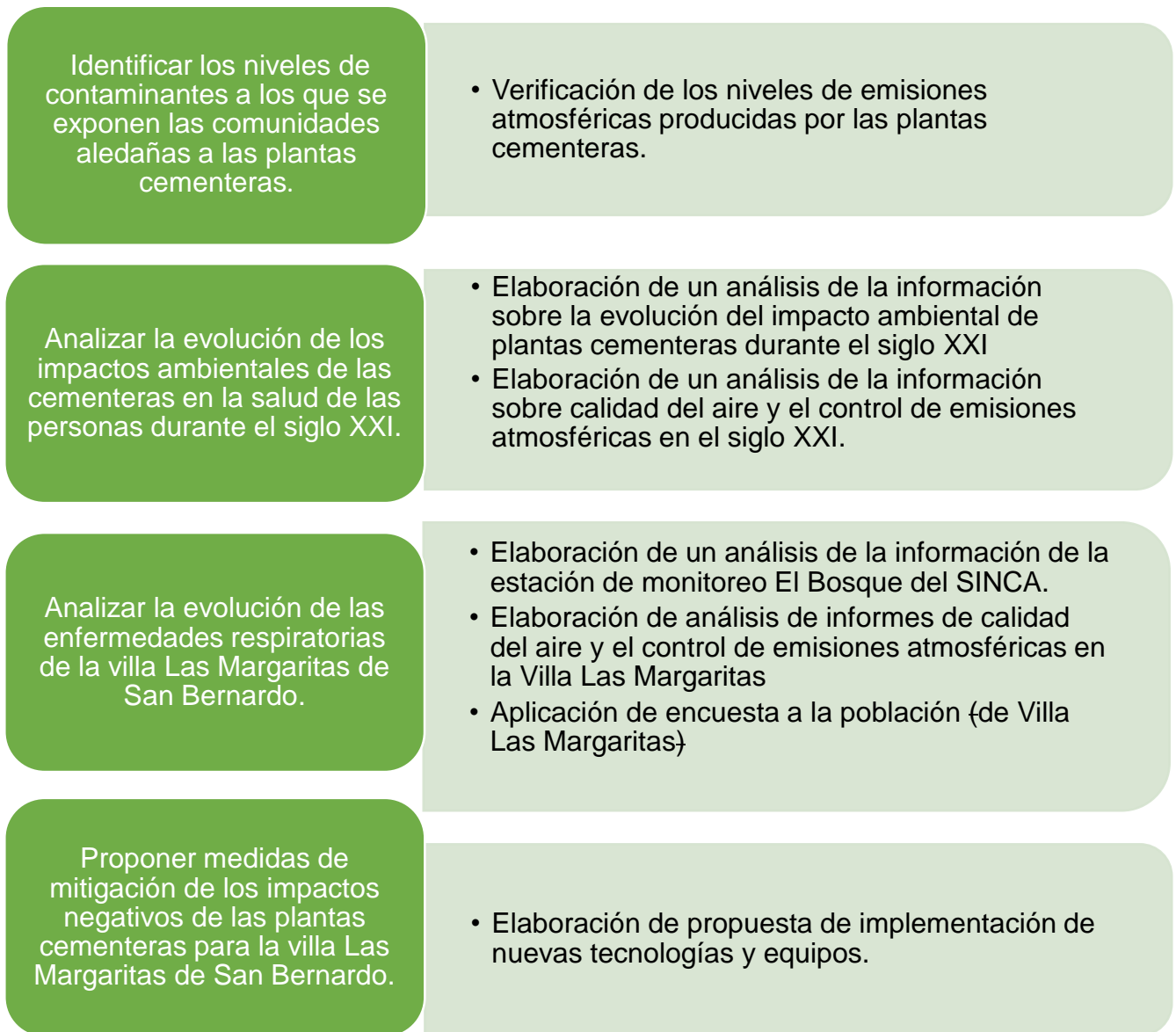
Además, se compararán datos del Sistema de Información Nacional de Calidad de Aire (SINCA), sobre las emisiones producidas por las plantas cementeras en la Villa Las Margaritas, con los datos obtenidos de su estación de monitoreo El Bosque, para verificar que cumpla con la normativa vigente.

Como también, se levantará información acerca de la percepción de la calidad de vida de las personas, mediante una encuesta que se realizará a la población de la Villa Las Margaritas, e informes de salud del CESFAM (Centro de Salud Familiar) Santa Laura, para visualizar la cantidad de personas que se encuentran enfermas debido a la polución de las cementeras.

Por último, se propondrán medidas para la reducción de emisiones de material particulado, desde el cambio en sus procesos, hasta el reemplazo del *clinker* por materiales reciclados.

El esquema metodológico que se muestra en la Figura 3.1, define cada actividad que se llevara a cabo para cumplir los objetivos planteados.

**Figura 3.1 Esquema metodológico**



Fuente: Elaboración propia.

## **3.2 Identificación de los Niveles de Contaminantes a los que se Exponen las Comunidades Aledañas a las Plantas Cementeras**

### **3.2.1 Verificación de los niveles de emisiones atmosféricas producidas por las plantas cementeras**

Para la verificación de los niveles de emisiones atmosféricas producidas por plantas cementeras, se recopilarán los datos de los contaminantes atmosféricos que producen las plantas cementeras, como lo son el O<sub>3</sub>, CO, PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub>, contaminantes que tienen mayor relación con enfermedades respiratorias.

A fin de obtener los datos de los contaminantes de interés, se indagará en el Sistema de Información Nacional de Calidad de Aire (SINCA), situándose en la estación más cercana al área de interés, es decir, la Estación el Bosque, donde se podrá obtener la oscilación de los datos de contaminantes de las plantas cementeras y si los niveles varían según las temporadas de mayor producción de las plantas cementeras.

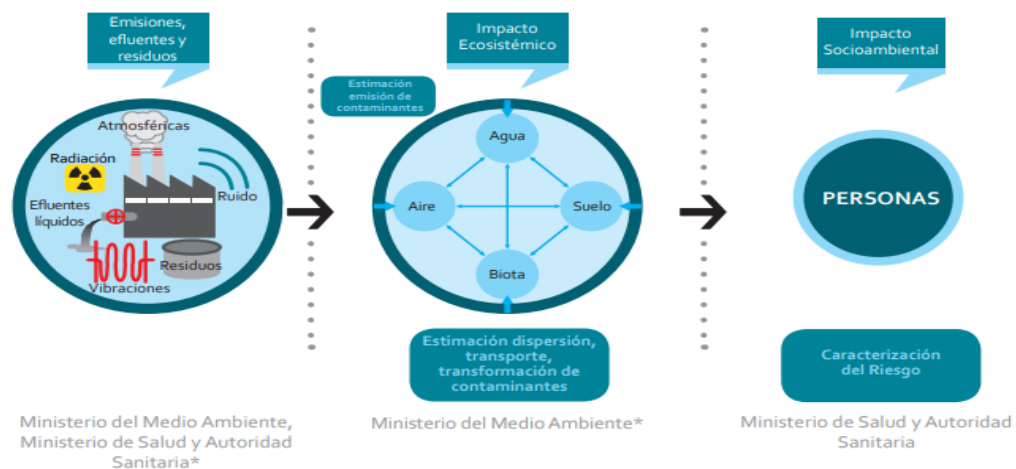
## **3.3 Análisis de la Evolución de los Impactos Ambientales de las Cementeras en la Salud de las Personas Durante el Siglo XXI**

### **3.3.1 Elaboración de un análisis de la información sobre la evolución del impacto ambiental de plantas cementeras durante el siglo XXI**

El análisis consistirá en la recopilación de los datos existentes sobre las emisiones atmosféricas del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) de las plantas cementeras, con el fin de compararlos con la normativa vigente, y establecer cuando se superan los límites establecidos.

Además, se compilará información de la evolución de la producción del cemento, donde se comparará si los niveles de los impactos ambientales se han reducido o mantenido a través del tiempo. La Figura 3.2 muestra un esquema de algunas de las etapas que involucra la evaluación de riesgo a la salud de las personas y los órganos competentes en cada materia, cuando se realiza algún proyecto que produce impactos en el ambiente o a la población directamente, con el fin de mantenerlos controlados.

**Figura 3.2 Competencias en materia de evaluación de riesgo para la salud**



Fuente: Guía de Evaluación de Impacto Ambiental Riesgo para la Salud de la Población en el SEIA, 2012.

De la Figura 3.2 se entiende que, dependiendo de a quién afecta el impacto, lo evalúa la entidad correspondiente. Por ejemplo, en el caso de que una empresa emita contaminantes atmosféricos, evalúa los riesgos el Ministerio de Medio Ambiente, el Ministerio de Salud y la Autoridad Sanitaria.

### **3.3.2 Elaboración de un análisis de información sobre calidad del aire y el control de emisiones atmosféricas en el siglo XXI**

Basado en los informes de calidad del aire que genera la SEREMI de Salud y los datos recopilados de los Planes de Descontaminación Atmosférica del Ministerio del Medio Ambiente, se confeccionará una gráfica comparativa respecto a los controles de calidad del aire durante el siglo XXI. Asimismo, se mostrará la variabilidad de los niveles de los parámetros, para identificar cuando superaron tanto normas primarias como normas secundarias, sujetos a los decretos de los contaminantes que corresponda. Así se podrá caracterizar las variables del estudio bajo la metodología de la Ley 19.300, posibilitando analizar los factores de riesgo que producen enfermedades respiratorias en la población de la Villa Las Margaritas en San Bernardo.

En la Figura 3.3, se pueden evidenciar las diferentes variables que se investigaron, para establecer que las personas sufren de enfermedades respiratorias producto de la exposición a contaminantes provenientes de plantas cementeras. Las variables que se estudiaron fueron las personas afectadas o receptores, los contaminantes producidos por la actividad y sus efectos, como también las rutas de exposición, caso en el que los contaminantes se encuentran en el aire como material particulado, óxidos de nitrógeno, ozono, dióxido y monóxido de carbono, entre otros.

**Figura 3.3 Variables de estudio**



Fuente: Elaboración propia.

### **3.4 Análisis de la Evolución de las Enfermedades Respiratorias de la Villa Las Margaritas de San Bernardo**

#### **3.4.1 Elaboración de un análisis de la información de la estación de monitoreo El Bosque del SINCA**

Se ahondará en la línea temporal desde el año 2000 hacia adelante, para obtener los datos estadísticos donde los contaminantes atmosféricos  $O_3$ ,  $CO$ ,  $PM_{2,5}$  y  $PM_{10}$  producidos por las cementeras, superaban las normas primarias vigentes y cuando los niveles estuvieron en un rango muy alto de peligrosidad, para poder establecer si las enfermedades respiratorias son producidas por la polución que emiten las empresas cementeras.

### **3.4.2 Elaboración de un análisis de informes de calidad del aire y el control de emisiones atmosféricas en la Villa Las Margaritas**

Se obtendrá información de la calidad del aire de la estación de monitoreo El Bosque en la página web del SINCA, donde aparecen los gráficos anuales de los diferentes parámetros. Además, se recopilará información de cómo se controlan las emisiones atmosféricas en la zona afectada, por parte de las empresas cementeras.

Paralelamente, se analizará un informe estadístico de salud del consultorio Santa Laura (ver Anexo 3), que es el más cercano a las cementeras, identificando el porcentaje de gente que ha tenido infecciones respiratorias ocasionadas por la mala calidad del aire de la zona.

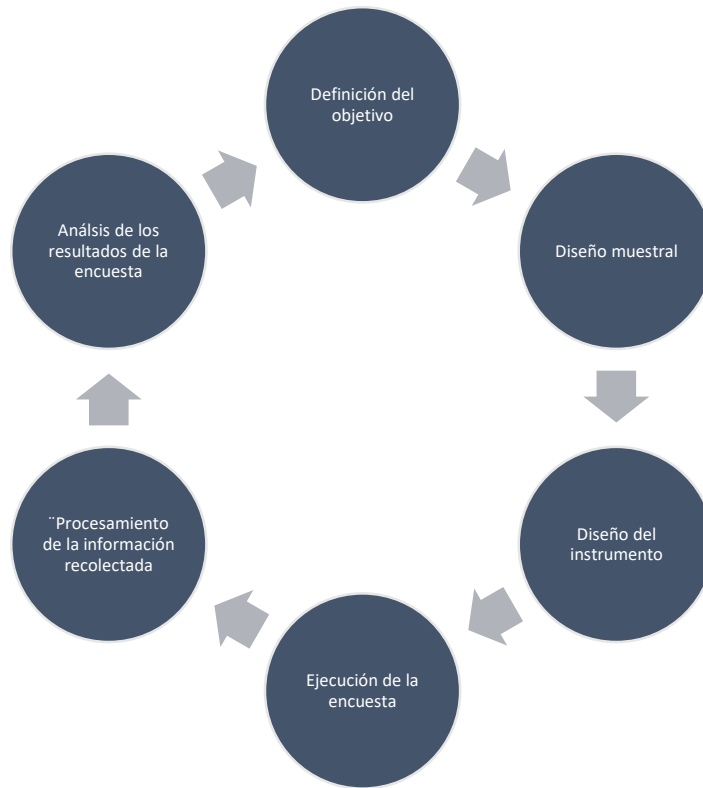
### **3.4.3 Aplicación de encuesta a la población de Villa Las Margaritas**

Se realizará un sondeo de opinión, a los ciudadanos que habitan en la Villa Las Margaritas, donde se indagará sobre la existencia de familiares que padezca alguna enfermedad respiratoria, independiente del rango etario. De esta manera se identificarán las variables que demuestran la evolución de enfermedades respiratorias de las personas que habitan la zona afectada, generando así una gráfica donde se indicarán las tendencias de las variables que llevan a presentar síntomas de enfermedades respiratorias generadas por el polvo en suspensión.

En la Figura 3.4 se pueden observar los distintos mecanismos llevados a cabo para la realización de la encuesta en la muestra de la población afectada, con el fin de levantar información acerca de la calidad de vida que llevan las personas.



**Figura 3.4 Esquema metodológico encuesta vecinal**



Fuente: Elaboración propia.

En base a la encuesta, y utilizando las escalas del SF-36 (ver Tabla 3.1), se podrá determinar la cantidad de personas que se encuentran limitadas por temas de salud, y la calidad de vida que llevan por encontrarse expuestas a contaminación atmosférica proveniente de las plantas cementeras.

**Tabla 3.1 Contenido de las escalas del SF-36**

Dimensión	N.º de ítems	Significado de las puntuaciones de 0 a 100	
		«Peor» puntuación (0)	«Mejor» puntuación (100)
Función física	10	Muy limitado para llevar a cabo todas las actividades físicas, incluido bañarse o ducharse, debido a la salud	Lleva a cabo todo tipo de actividades físicas incluidas las más vigorosas sin ninguna limitación debido a la salud
Rol físico	4	Problemas con el trabajo u otras actividades diarias debido a la salud física	Ningún problema con el trabajo u otras actividades diarias debido a la salud física
Dolor corporal	2	Dolor muy intenso y extremadamente limitante	Ningún dolor ni limitaciones debidas a él
Salud general	5	Evalúa como mala la propia salud y cree posible que empeore	Evalúa la propia salud como excelente
Vitalidad	4	Se siente cansado y exhausto todo el tiempo	Se siente muy dinámico y lleno de energía todo el tiempo
Función social	2	Interferencia extrema y muy frecuente con las actividades sociales normales, debido a problemas físicos o emocionales	Lleva a cabo actividades sociales normales sin ninguna interferencia debido a problemas físicos o emocionales
Rol emocional	3	Problemas con el trabajo y otras actividades diarias debido a problemas emocionales	Ningún problema con el trabajo y otras actividades diarias debido a problemas emocionales
Salud mental	5	Sentimiento de angustia y depresión durante todo el tiempo	Sentimiento de felicidad, tranquilidad y calma durante todo el tiempo
Ítem de Transición de salud	1	Cree que su salud es mucho peor ahora que hace 1 año	Cree que su salud general es mucho mejor ahora que hace 1 año

Fuente: <https://sites.google.com/site/evaluaciondelaactividadfisica/home/cuestionario-de-salud-sf-36>

### **3.5 Propuesta de Medidas de Mitigación de los Impactos Negativos de las Plantas Cementeras para la Villa Las Margaritas de San Bernardo**

#### **3.5.1 Elaboración de propuesta de implementación de nuevas tecnologías y equipos**

Basados en la combinación de distintos instrumentos y manuales sobre el control y prevención de los contaminantes de la industria cementera, propuestas por el Ministerio del Medio Ambiente y la Asociación Chilena de Seguridad, se elaborará

una propuesta que incluirá distintos procedimientos y protocolos, con el fin de controlar y disminuir las emisiones fugitivas de polvo que se dan en medio del proceso productivo, para así aportar en la disminución de los niveles de contaminantes atmosféricos en la población Villa las Margaritas.

Asimismo, en base a estudios sobre hormigones y construcción más sostenibles, se elaborarán propuestas para reducir los impactos ambientales generados por las plantas cementeras. Para lograrlo se analizarán estudios sobre la utilización de cementos híbridos o alcalinos, en donde reduce enormemente el consumo de energía y los impactos ambientales atmosféricos. Además de proponer la utilización de nuevas maquinarias y equipos acorde al uso de nuevas materias primas.

De este modo, se elaborará una propuesta que pretende ser atractiva para las empresas cementeras mediante la cual, además de contribuir a disminuir sus impactos negativos, también podrían obtener ahorros en sus costos energéticos.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Niveles de Contaminantes a los que se Exponen las Comunidades Aledañas a las Plantas Cementeras

#### 4.1.1 Niveles de emisiones atmosféricas producidas por las plantas cementeras

Para la verificación de los niveles de contaminantes de O<sub>3</sub>, CO, PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub>, se analizó la gráfica de los datos entregados de dichos contaminantes, la cual se obtuvo de la plataforma de Sistema de Información Nacional del Calidad de Aire (SINCA).

Primeramente, se deberá tener claro cuando dichos contaminantes superan la norma primaria de calidad del aire, es decir, cuando los valores de las concentraciones de dichas emisiones atmosféricas pueden constituir un riesgo para la vida o salud de las personas. Para esto se deben tener presente las siguientes normas de calidad del aire:

- *Norma de calidad del aire para MP<sub>2,5</sub> (D.S. N° 12/2010 del Ministerio de Medio Ambiente).* Los límites para MP<sub>2,5</sub> son veinte microgramos por metro cúbico (20 µg/m<sup>3</sup>), como concentración anual, y cincuenta microgramos por metro cúbico (50 µg/m<sup>3</sup>), como concentración de 24 horas.
- *Norma de calidad del aire para MP<sub>10</sub> (D.S. N° 59/1998, modificado por D.S. N° 45/2001, ambos del Ministerio Secretaría General de la Presidencia).* Los límites de MP<sub>10</sub>, es ciento cincuenta microgramos por metro cúbico normal (150 µg/m<sup>3</sup>N) como concentración de 24 horas.

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

- *Norma de calidad del aire para CO (D.S. N° 115/2002 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia)*. La norma primaria de calidad de aire para monóxido de carbono como concentración de 8 horas será de 9 ppmv ( $10\text{mg}/\text{m}^3\text{N}$ ).

Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para monóxido de carbono como concentración de 8 horas, cuando el promedio aritmético de tres años sucesivos, del percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 8 horas registrados durante un año calendario, en cualquier estación monitorea EMRPG, fuere mayor o igual al nivel indicado en el inciso precedente.

- *Norma de calidad del aire para O<sub>3</sub> (D.S. N° 112/2002 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia)*. La norma primaria de calidad de aire para ozono como concentración de 8 horas será de 61 ppmv ( $120\text{ug}/\text{m}^3\text{N}$ ).

Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para ozono como concentración de 8 horas, cuando el promedio aritmético de tres años sucesivos, del percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 8 horas registrados durante un año calendario, en cualquier estación monitorea EMRPG, fuere mayor o igual al nivel indicado en el inciso precedente.

En la Tabla 4.1 se puede observar una comparación entre los límites establecidos para material particulado por la legislación vigente en Chile, y los límites de las concentraciones recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), los cuales están muy por debajo de lo permitido en estos momentos en el país, pudiendo producir impactos negativos en la salud debido a las altas concentraciones a las que se encuentra expuesta la población.

**Tabla 4.1 Concentraciones máximas de material particulado respirable, de acuerdo con la legislación chilena vigente y su comparación con las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS)**

	Normativa chilena	Recomendaciones OMS
MP <sub>10</sub> , concentración anual	50 µm/m <sup>3</sup>	20 µm/m <sup>3</sup>
MP <sub>10</sub> , concentración diaria	150 µm/m <sup>3</sup>	50 µm/m <sup>3</sup>
MP <sub>2,5</sub> , concentración anual	20 µm/m <sup>3</sup>	10 µm/m <sup>3</sup>
MP <sub>2,5</sub> , concentración diaria	50 µm/m <sup>3</sup>	25 µm/m <sup>3</sup>

Fuente: Ordenanza N°300/2019 de la Municipalidad de El Bosque (Anexo 3).

## **4.2 Evolución de los impactos ambientales de las cementeras en la salud de las personas durante el siglo XXI**

### **4.2.1 Análisis de la información sobre la evolución del impacto ambiental de plantas cementeras durante el siglo XX**

Para el análisis evolutivo de los impactos ambientales de las plantas cementeras, se recopilaron datos de los informes consolidados de Registro de Emisiones y Traslados de Contaminantes del Ministerio del Medio Ambiente o también llamado RETC.

En primer lugar, las plantas cementeras, de cal y yeso, deben declarar cuantas emisiones han generado, ingresando en el Sistema de Declaración de Emisiones de Fuentes Fijas, mediante el formulario F138, con el cual es posible conocer las emisiones atmosféricas producidas por diferentes rubros. Éstas se categorizan por el umbral de consumo de energía que poseen, en el caso de las plantas cementeras, las industrias con grupos electrógenos mayores a 20kW, y calderas industriales y de calefacción con consumo energético de combustible mayor a 1 Mega Joule por hora. (ver tabla 4.2)

Muchas fuentes fijas están reguladas por el Decreto Supremo N°138/2005, el cual estipula: “Que para el Ministerio de Salud constituye un imperativo primordial realizar el diagnóstico de los contaminantes emitidos a la atmósfera por las fuentes fijas, con el objeto de contar con antecedentes confiables que le permitan adoptar las medidas más adecuadas y eficaces para controlar los riesgos a la salud de las personas asociados a dichas emisiones”, estableciendo el aire como componente ambiental afectado.

**Tabla 4.2 Origen de los datos de fuentes fijas**

COMPONENTE AMBIENTAL	INSTITUCIÓN	SISTEMA SECTORIAL	NORMATIVA	CANTIDAD DE ESTABLECIMIENTOS <sup>7</sup>	UMBRALES	SECTORES INVOLUCRADOS Y EQUIPOS
AIRE	Ministerio de Salud	Sistema de Declaración de Emisiones de Fuentes Fijas (F138)	D.S. N° 138/2005 MINSAL Resolución N° 15.027/1994 SESMA	2005: 1.067 2006: 1.946 2007: 2.467 2008: 3.295 2009: 4.010 2010: 4.525 2011: 5.044 2012: 5.385 2013: 5.449 2014: 3.202 2015: 4.563 2016: 5.073 2017: 5.563 2018: 7.576	Las industrias con grupos electrógenos mayores a 20kW, y calderas industriales y de calefacción con consumo energético de combustible mayor a 1 Mega Joule por hora	Producción de Papel y Celulosa.
						Fundiciones Primarias y Secundarias.
Centrales Termoeléctricas.						
Producción de Cemento, Cal y Yeso.						
Producción de Vidrio.						
Producción de Cerámica.						
Industria Siderúrgica.						
Industria Petroquímica.						
Producción de Asfaltos.						
Grupos Electrógenos.						
Calderas.						
	Superintendencia del Medio Ambiente	Sistema de Información de Centrales Termoeléctricas (SICTER)	D.S. N° 13/2011 MMA	2015: 29 2016: 38	Establecimientos con unidades de generación eléctrica, conformadas por calderas o turbinas, con una potencia térmica mayor o igual a 50 MWt	Centrales Termoeléctricas.
		Impuesto Verde	D.S. N° 18/2016 MMA	2017: 94 2018: 93 <sup>8</sup>	Establecimientos cuyas fuentes fijas, conformadas por calderas o turbinas que, individualmente o en su conjunto, sumen una potencia térmica mayor o igual a 50 MWt (megavatios térmicos)	Centrales Termoeléctricas, Pesca, Producción de Papel y Celulosa, otros.

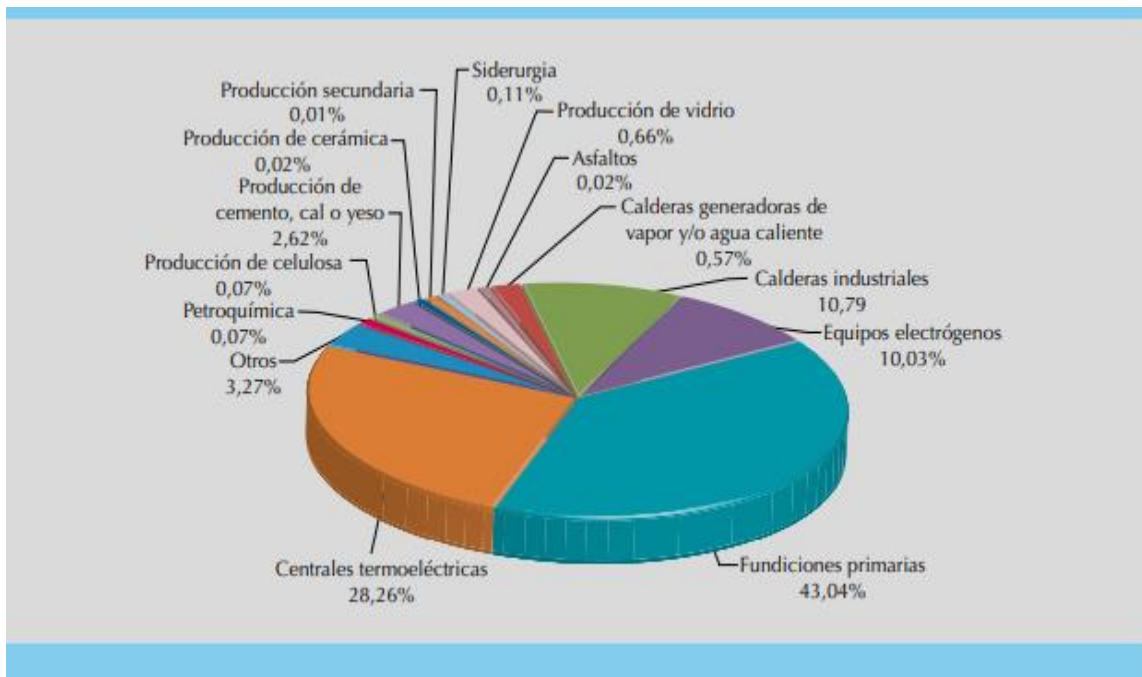
**Fuente: RETC 2020.**

Según la RETC del año 2009, las emisiones respecto a las plantas de cemento, cal o yeso no fueron cifras tan significativas. En lo que se puede traducir en contaminantes totales aéreos, sólo abarcó un 2,62% y, de esa totalidad sólo contribuyó un 8,1% y 4,9% de MP<sub>10</sub> y MP<sub>2,5</sub>, respectivamente (véanse Figuras 4.1, 4.2, 4.3). No obstante, en la Figura 4.5 se verifica un gran predominio de la



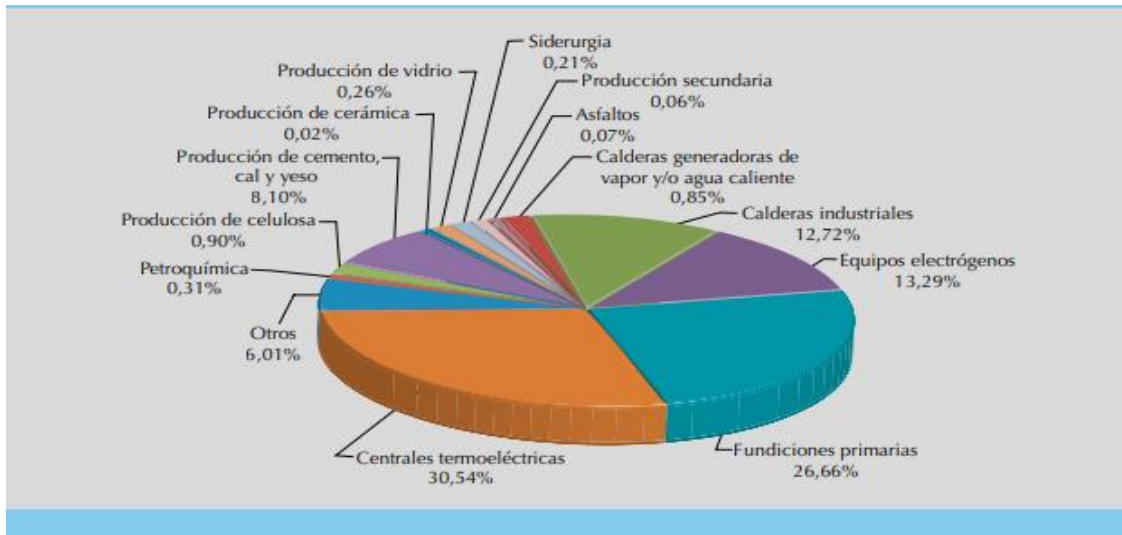
zona estudiada (zona sur, comuna San Bernardo) dentro de la Región Metropolitana, donde se detectó una mayor participación del establecimiento que generaban más material particulado.

**Figura 4.1 Emisiones totales al aire en sitio (fuentes fijas) por sector industrial (CIU 3). país, 2009**



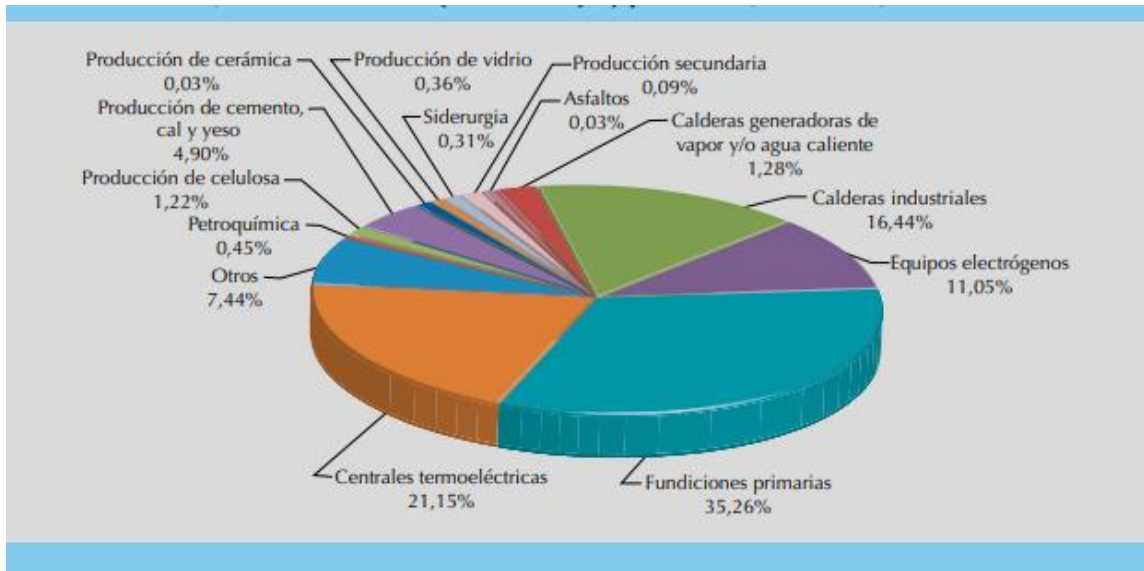
Fuente: MINSAL, 2009. Metodología: "Guía metodológica para la estimación de emisiones atmosféricas de fuentes fijas y móviles en el Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes, CONAMA, MINSAL, SECTRA 2009".

**Figura 4.2 Emisiones MP<sub>10</sub> al aire en sitio (fuentes fijas) por rubro. Total país, 2009**



Fuente: MINSAL, 2009. Metodología: “Guía metodológica para la estimación de emisiones atmosféricas de fuentes fijas y móviles en el Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes, CONAMA, MINSAL, SECTRA 2009”.

**Figura 4.3 Emisiones MP<sub>2,5</sub> al aire en sitio (fuentes fijas) por rubro. Total país, 2009**



Fuente: MINSAL, 2009. Metodología: "Guía metodológica para la estimación de emisiones atmosféricas de fuentes fijas y móviles en el Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes, CONAMA, MINSAL, SECTRA 2009".

**Figura 4.4 Los 10 establecimientos con mayor participación en las emisiones de material particulado en la Región Metropolitana, 2009**

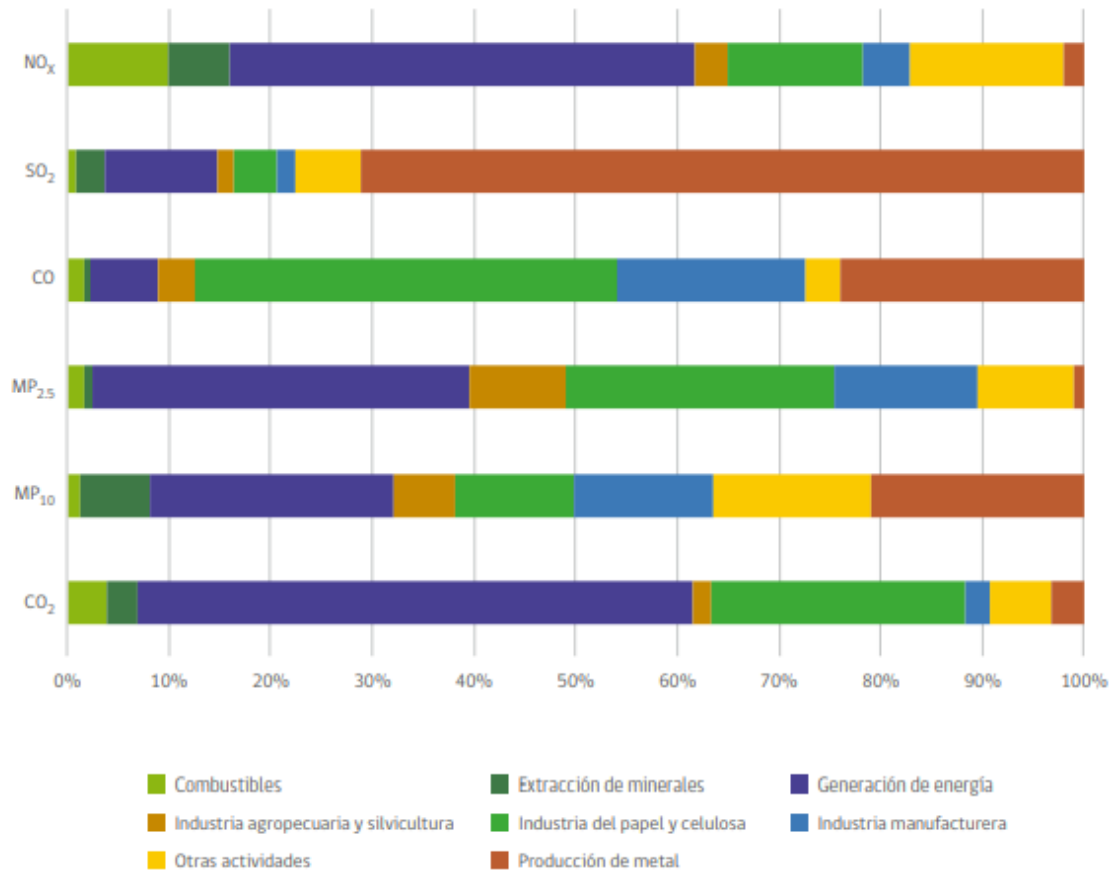


Fuente: MINSAL, 2009. Metodología: “Guía metodológica para la estimación de emisiones atmosféricas de fuentes fijas y móviles en el Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes, CONAMA, MINSAL, SECTRA 2009”.

Al investigar los informes de algunos años, se detectó que, en el RETC, a partir del año 2009, el total de resultados de contaminantes en el aire no estaban desglosados por rubro, lo cual dificultó un análisis más completo.

Se analizó el RETC más actual, identificando que la categoría de producción de cemento, cal o yeso, correspondería a “Otras Actividades” (ver Figura 4.5), donde el crecimiento de los contaminantes de material particulado fue de 10%  $MP_{2,5}$  y del 17% de  $MP_{10}$ , aproximadamente, siendo estos contaminantes los más influyen en las afecciones respiratorias.

**Figura 4.5 Composición de emisiones al aire de fuentes puntuales por rubro, 2018**



Fuente: MINSAL, SMA y RETC, 2019.

#### **4.2.2 Análisis de información sobre calidad del aire y el control de emisiones atmosféricas en el siglo XXI**

La calidad del aire en Chile ha ido empeorando, tanto así que, en un informe de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), se identificó que los principales contaminantes atmosféricos han ido en aumento desde el año 2005. Además, mencionan que “las emisiones de MP<sub>2,5</sub>, MP<sub>10</sub> y de monóxido de carbono (CO) se incrementaron cerca de un 10% entre 2005 y 2011, mientras que las emisiones de óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>), descendieron un 25%

entre 2007 y 2011” evidenciando que, en vez de disminuir con el paso del tiempo y el avance de la tecnología, las emisiones aumentan, probablemente porque no se ha evaluado el reemplazo de tecnologías.

En la Tabla 4.3 se puede evidenciar como, a lo largo de Chile, existen varias ciudades que superan la concentración normada para MP<sub>2,5</sub> y MP<sub>10</sub>, cifra que ha ido acrecentándose a lo largo del tiempo.

Asimismo, se puede observar que, la ciudad de Santiago registra una alta concentración promedio anual para MP<sub>10</sub> y MP<sub>2,5</sub>, superando los límites establecidos en la normativa vigente.

Por otra parte, en un informe elaborado por el sistema mundial de monitoreo del aire, AirVisual, en conjunto con Greenpeace, se muestra un ranking de las 10 ciudades latinoamericanas más contaminadas (Greenpeace, 2019), siendo chilenas 9 de las 10 ciudades, lo que da señales de una débil legislación ambiental, que supera al doble las concentraciones recomendadas por la OMS para material particulado.

Este informe de alcance mundial, realiza un análisis de los niveles de material particulado MP<sub>2,5</sub>, alertando sobre las altas concentraciones que existen en los diversos lugares del planeta, haciendo referencia a que los altos niveles de polución tendrán una consecuencia de siete millones de muertes y que los costos asociados a esta polución llegarán a 225 mil millones de dólares, donde se pueden identificar los niveles del mapa mundial, apreciando algunos países del cono sur del continente americano, incluyendo Chile (ver Figura 4.6).

**Tabla 4.3 Las ciudades de Chile más contaminadas por MP<sub>2,5</sub> y MP<sub>10</sub>**







Ciudad	Concentración promedio anual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
	MP <sub>2,5</sub>	MP <sub>10</sub>
Coyhaique	64	75
Padre las Casas	35	64
Osorno	35	54
Temuco	31	50
Andacollo	31	67
Rancagua	30	75
Santiago	29	64
Valdivia	29	47
Curicó	27	51
Talca	25	49
Rengo	23	49
Maule	22	42
San Fernando	20	43
Talagante	19	41
Copiapó	19	47
Quilpué	18	40
Valparaíso	16	34
Arica	15	33
Coquimbo	14	31
Viña del Mar	13	34
Antofagasta	12	40
Huasco	11	25
Punta Arenas	5	12

Fuente: Base de datos OMS, 2016.

Cuadros Rojos: Superan normativa de concentración anual para MP<sub>2,5</sub>

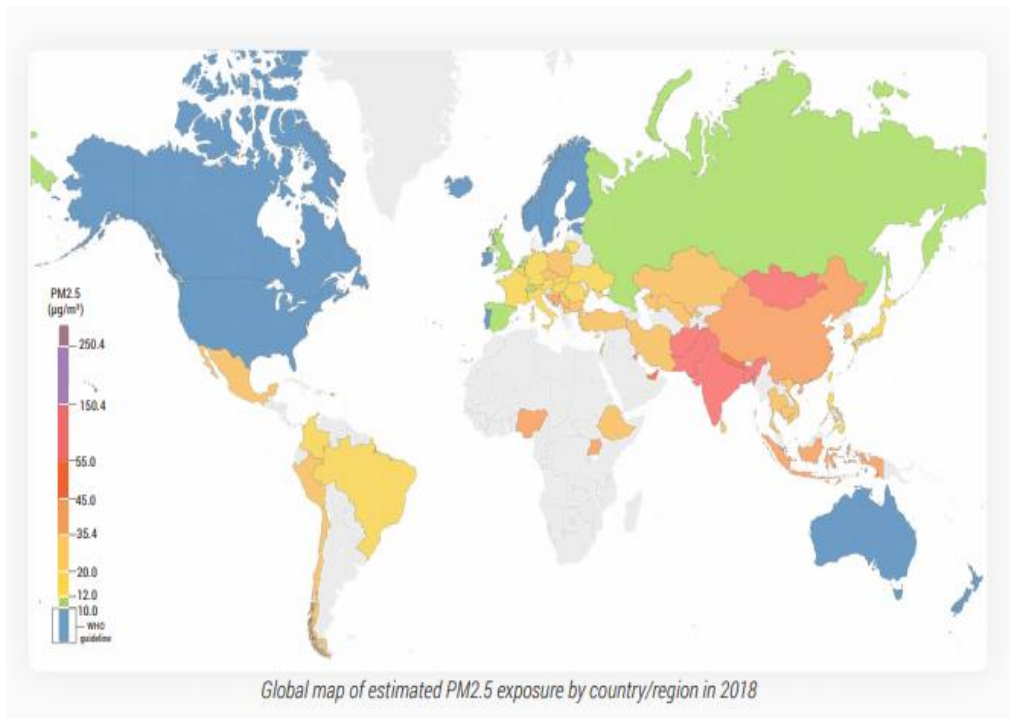
En la Tabla 4.4 podemos apreciar que existen distintos niveles de exposición a MP, los que varían según la concentración, estos nos indican si la calidad del aire es buena o insalubre, haciendo referencia a las categorías de salud pública, derivadas del Índice de Calidad del Aire (AQI) de Estados Unidos.

**Tabla 4.4 Índice de calidad del aire de Estados Unidos (US AQI)**

US AQI Level			PM2.5 (µg/m <sup>3</sup> )	Health Recommendation (for 24hr exposure)
	<b>Good</b>	<b>0-50</b>	<b>0-12.0</b>	Air quality is satisfactory and poses little or no risk.
	<b>Moderate</b>	<b>51-100</b>	<b>12.1-35.4</b>	Sensitive individuals should avoid outdoor activity as they may experience respiratory symptoms.
	<b>Unhealthy for Sensitive Groups</b>	<b>101-150</b>	<b>35.5-55.4</b>	General public and sensitive individuals in particular are at risk to experience irritation and respiratory problems.
	<b>Unhealthy</b>	<b>151-200</b>	<b>55.5-150.4</b>	Increased likelihood of adverse effects and aggravation to the heart and lungs among general public.
	<b>Very Unhealthy</b>	<b>201-300</b>	<b>150.5-250.4</b>	General public will be noticeably affected. Sensitive groups should restrict outdoor activities.
	<b>Hazardous</b>	<b>301+</b>	<b>250.5+</b>	General public is at high risk to experience strong irritations and adverse health effects. Everyone should avoid outdoor activities.

Fuente: World Air Quality Report Region & City PM2.5 Ranking, 2018.

**Figura 4.6 Mapa mundial de exposición estimada de PM<sub>2,5</sub> por país/región en 2018**

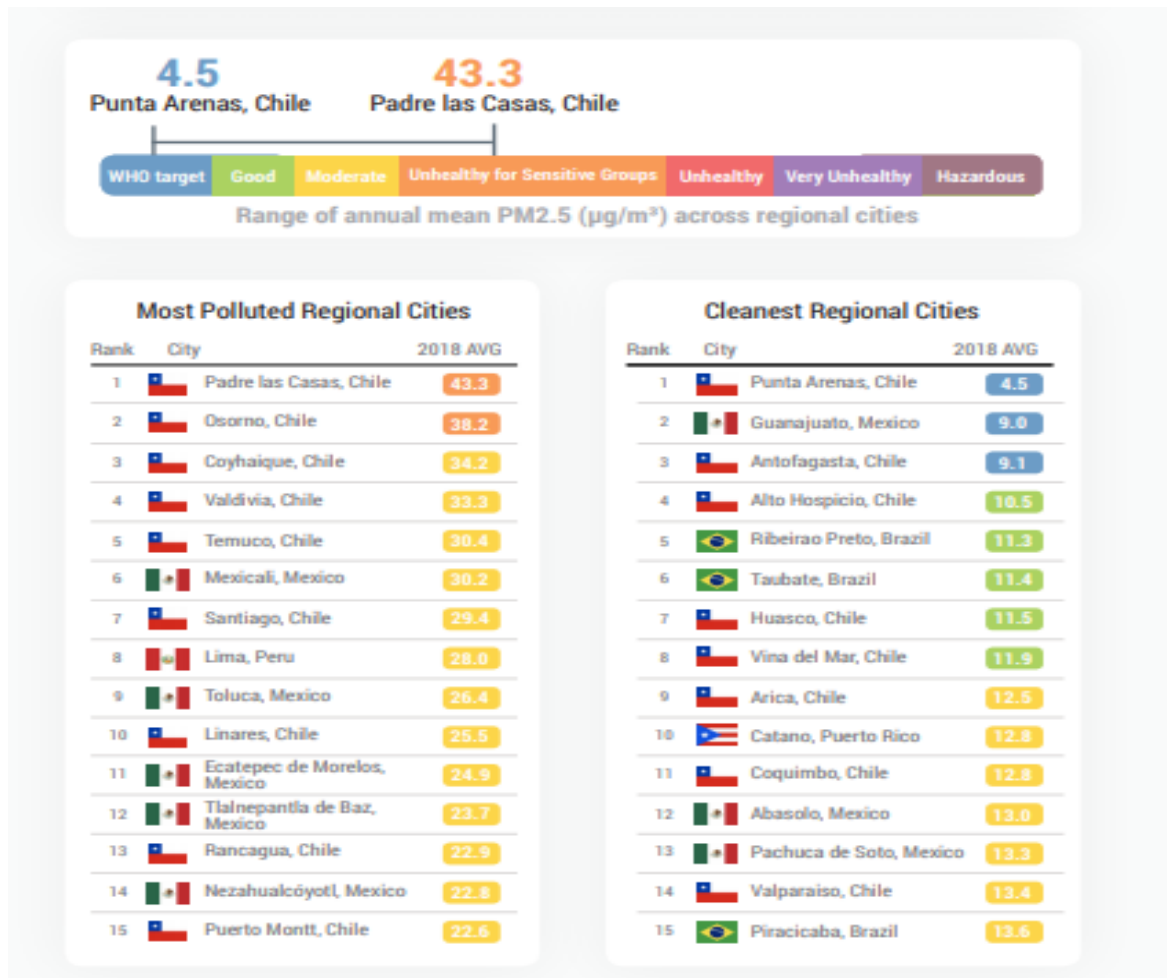


Fuente: World Air Quality Report Region & City PM2.5 Ranking, 2018.



En lo que respecta a los países latinoamericanos, son totalmente alarmante las cifras que corresponden a Chile, ya que en el mapa (ver Figura 4.6) se puede apreciar que este país está demarcado con color naranja, lo que indica que sus concentraciones de  $MP_{2,5}$  fluctúan entre 35,4 y 45, .Según indica el reporte, “Chile tiene los niveles de contaminación por  $PM_{2,5}$  más altos registrados en esta región, proporcionando las 5 ciudades más contaminadas. Las principales fuentes de emisiones regionales que contribuyen a la contaminación del aire en todos los países incluyen la agricultura, el transporte con ineficientes normas de vehículos y combustibles, así como la combustión de biomasa para calefacción y cocina doméstica y comercial. Como es sabido en el sur de Chile, debido a las bajas temperaturas y la falta de calefacción limpia, las familias recurren a la quema de madera para la calefacción, lo que se traduce en altos niveles de concentración de  $MP$ ” (Air Quality, 2018), lo que se pretende abordar mediante la implementación de tecnologías de calefacción más limpias.

**Figura 4.7 Ranking de ciudades de Sudamérica con concentración de MP<sub>2,5</sub> más alta**



Fuente: World Air Quality Report Region & City PM<sub>2.5</sub> Ranking, 2018.

Las ciudades que tienen más índice de MP<sub>2,5</sub>, corresponden a las que se encuentran al sur de Chile, lo que generalmente se produce en la estación de invierno, debido a los medios de calefacción a leña utilizados en la actualidad, que generan mucha polución particulada (ver Figura 4.7).

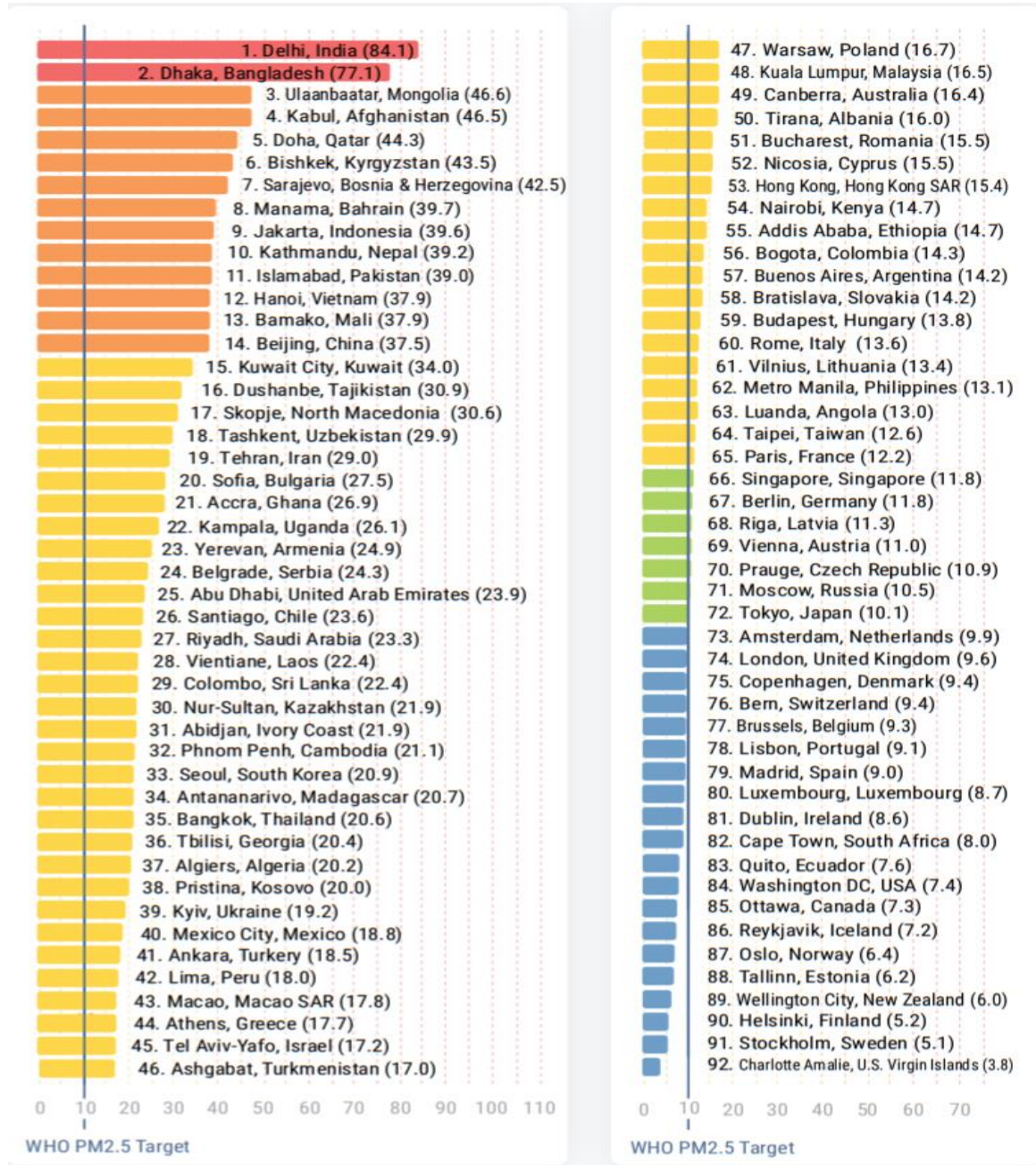
Asimismo, según Estefanía González (2019), coordinadora del área de campañas de Greenpeace, “pese a que Padre Las Casas aparece como las más

contaminada, sus malas condiciones se concentran en invierno, una tendencia contraria, sin embargo, a la que muestra Santiago, que ocupa el lugar 20 dentro de las 62 capitales más contaminadas del mundo, donde prácticamente todo el año sus niveles se ubican de moderado a muy malo”. Esto último se debe a la gran concentración de empresas e industrias en la Región Metropolitana, además de la gran cantidad de automoviles que transitan y emiten material particulado a la atmósfera.

Se podría decir que, la contaminación de  $MP_{2,5}$  en Santiago se debe al alto de flujo de automoviles que transitan ya que en Chile, al ser un país centralizado, la mayoría de las actividades empresariales se desarrollan en la Región Metropolitana y, es por esto que, gran parte de los trabajadores vienen de regiones a desempeñar sus labores a la capital. Según la Figura 4.8, Chile se encuentra en el número 26 de un Ranking de 92 países, ordenados por concentración media estimada  $MP_{2,5}$ . Cifra preocupante, ya que Santiago tiene mucho menos densidad poblacional que países como, México.

Figura 4.8 Clasificación mundial de países/regiones

ordenados por concentración media estimada MP<sub>2,5</sub> (µg/m<sup>3</sup>)



Fuente: World Air Quality Report Region & City PM<sub>2.5</sub> Ranking, 2018.

### **4.3 Evolución de las Enfermedades Respiratorias de la Villa Las Margaritas de San Bernardo**

#### **4.3.1 Análisis de la información de la estación de monitoreo El Bosque, SINCA**

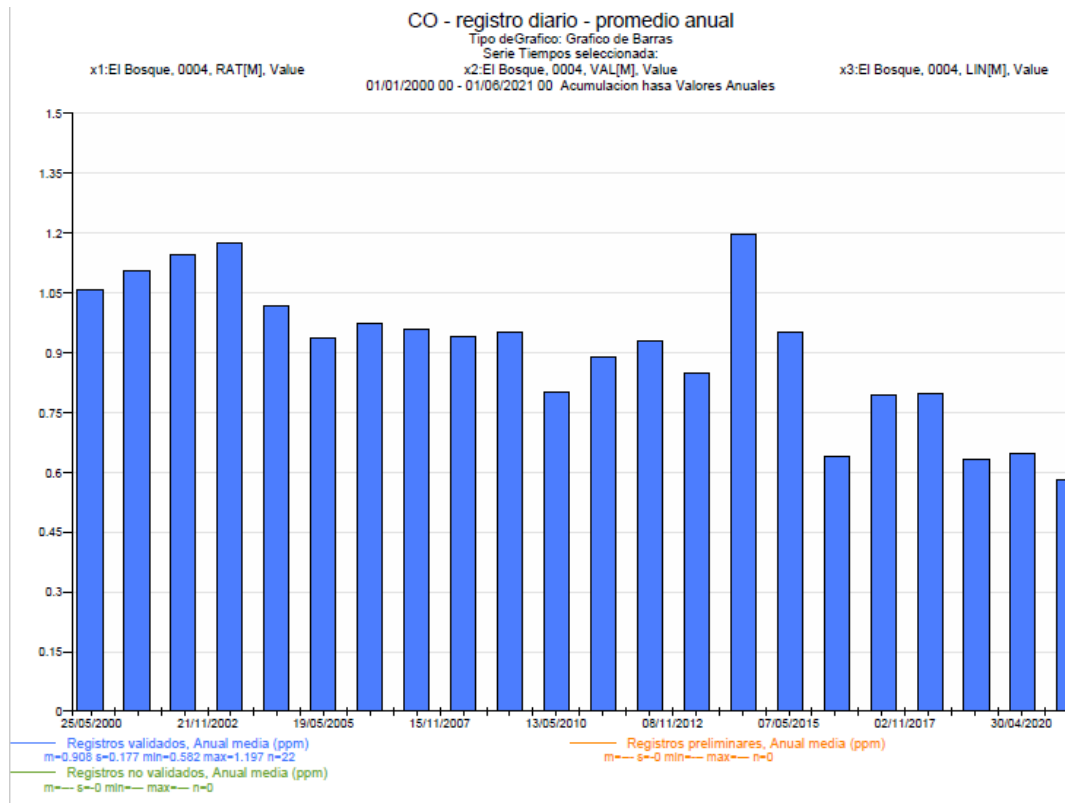
En consideración con las normas primarias de calidad del aire, de las emisiones atmosféricas que están intrínsecamente relacionadas con las plantas cementeras, se establecieron los rangos pertinentes de estudio de cada uno de las contaminantes, donde se elaboró una gráfica que corresponde al comportamiento desde los contaminantes desde el año 2000 hasta el año 2021.

Para darle mayor ordenamiento al análisis, se midieron los promedios anuales de cada contaminante, identificando cuáles son los años donde el promedio fue mayor a lo establecido y, por consiguiente, analizar la gráfica anual determinando qué meses se emitieron mayores índices de contaminación y ver si se incumplió la normativa para cada contaminante.

##### **4.3.1.1 Contaminante CO**

El comportamiento del CO nunca superará la normativa de calidad del aire si lo vemos dentro del promedio anual, como se puede ver en la Figura 4.9 ya que la normativa establece que los límites de concentración de CO, que se encuentran entre 9 [ppmv] y 26 [ppmv], no deben superarse en los intervalos 1 hora y 8 horas respectivamente. Asimismo, con la gráfica de promedio anual de concentración, se estableció determinar para los años en análisis que el promedio anual de la concentración fuese mayor a 1 [ppmv]. Como se pudo ver, los años en cuestión para análisis fueron el 2000, 2001, 2002, 2003, 2014 y 2015.

**Figura 4.9 Promedio anual de las concentraciones de CO en la estación de monitoreo El Bosque**

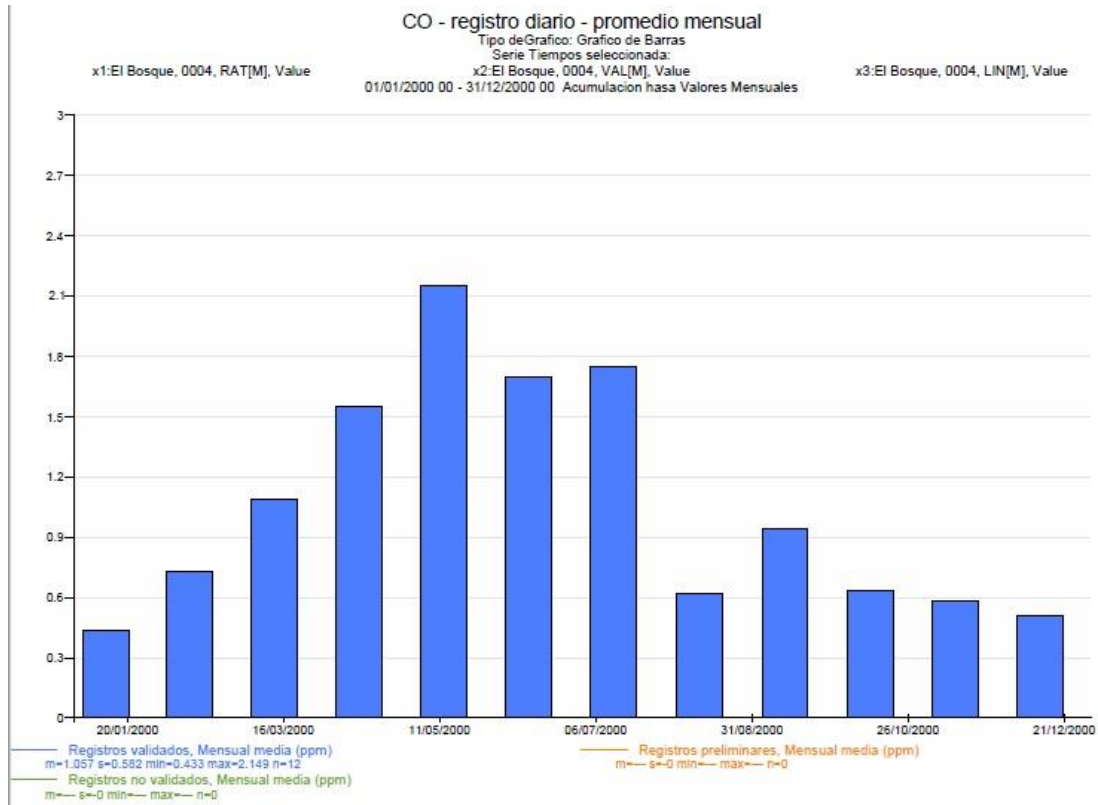


Fuente: SINCA.

#### 4.3.1.1.1 Año 2000

Según los datos registrados de las concentraciones promedio de CO de los meses del año 2000, se pudo establecer (ver Figura 4.10) que, entre los meses de abril y mayo del año 2000, es posible que se haya superado la norma de calidad de aire para CO.

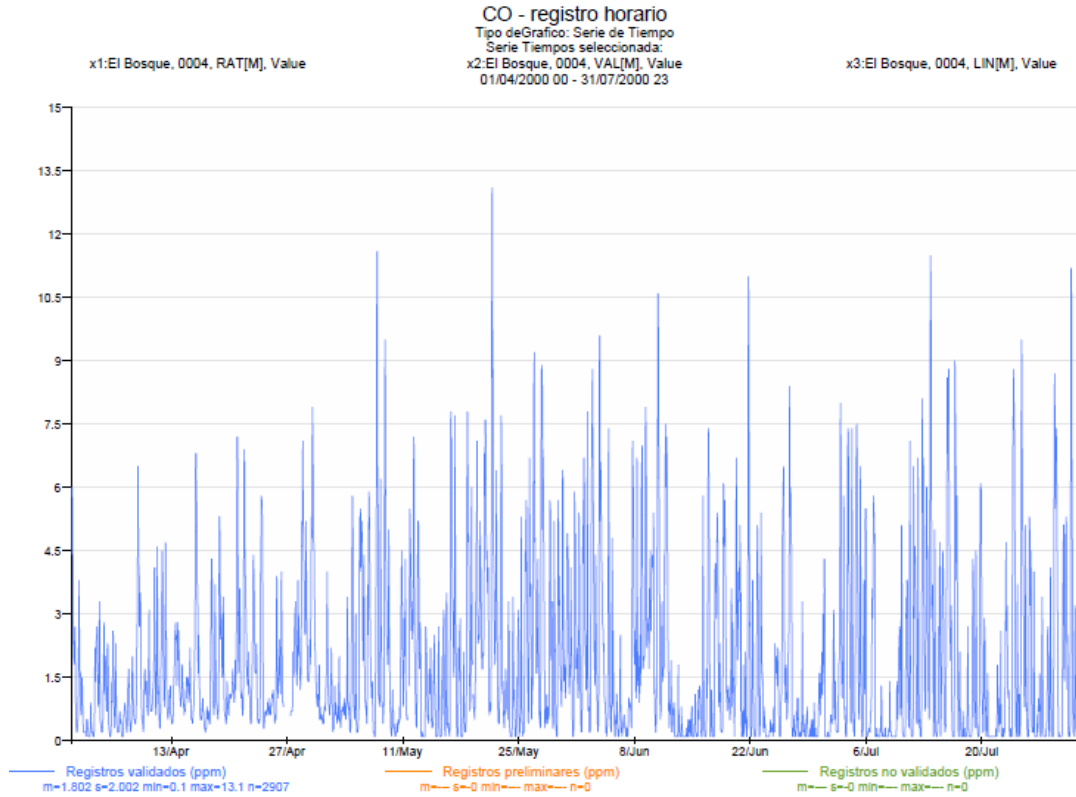
**Figura 4.10 Promedio de la concentración mensual de CO en el año 2000**



Fuente: SINCA.

Tal como se muestra en la Figura 4.10, se verifica que se incumplió la normativa primaria para calidad del aire de CO en los meses de invierno, como también en ciertos registros se evidenció que se superaron las concentraciones de 9 [ppmv] establecidas en la normativa, lo que podría haber ocasionado un daño inminente a la población.

**Figura 4.11 Promedio de la concentración mensual de CO en el año 2000  
(01/04/2000 – 31/07/2000)**

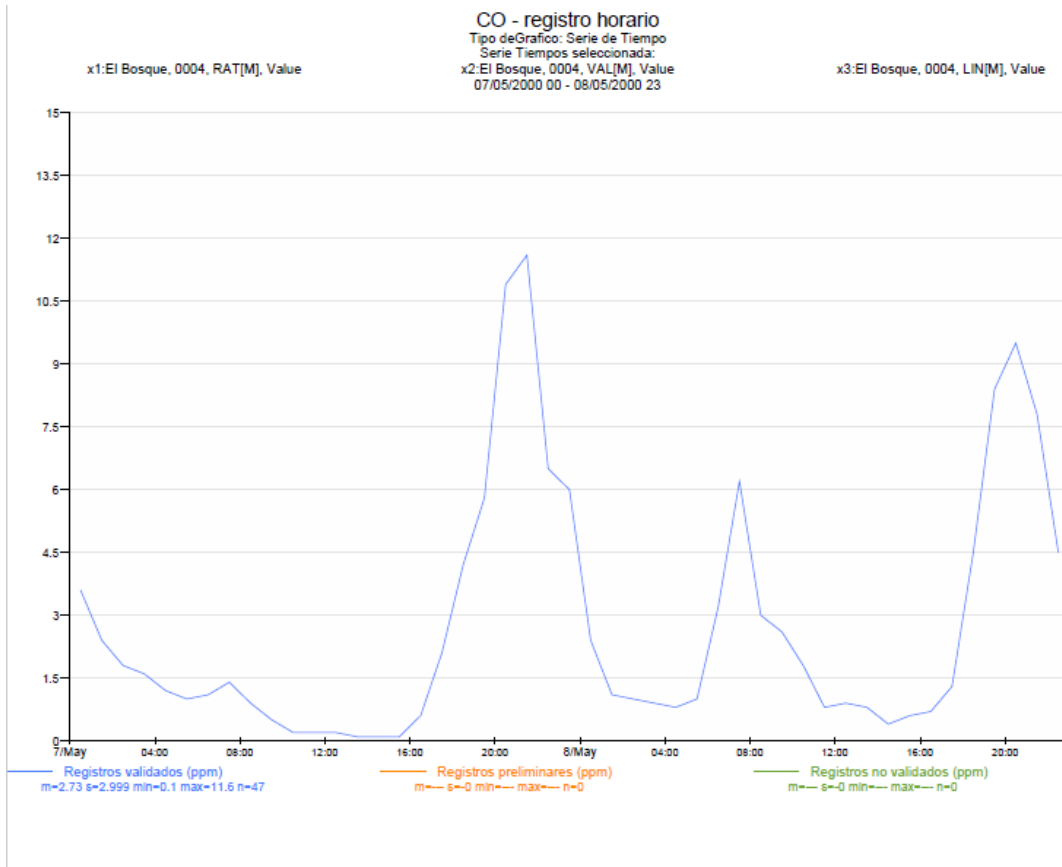


Fuente: SINCA.

Luego de comprobar que se incumplió la norma primaria de calidad del aire para el CO en el año 2000, se corroboró el registro horario del contaminante entre los meses de mayo y junio, donde se pudo evidenciar altos niveles de CO, al evaluar su comportamiento de fluctuación (ver Figura 4.11).



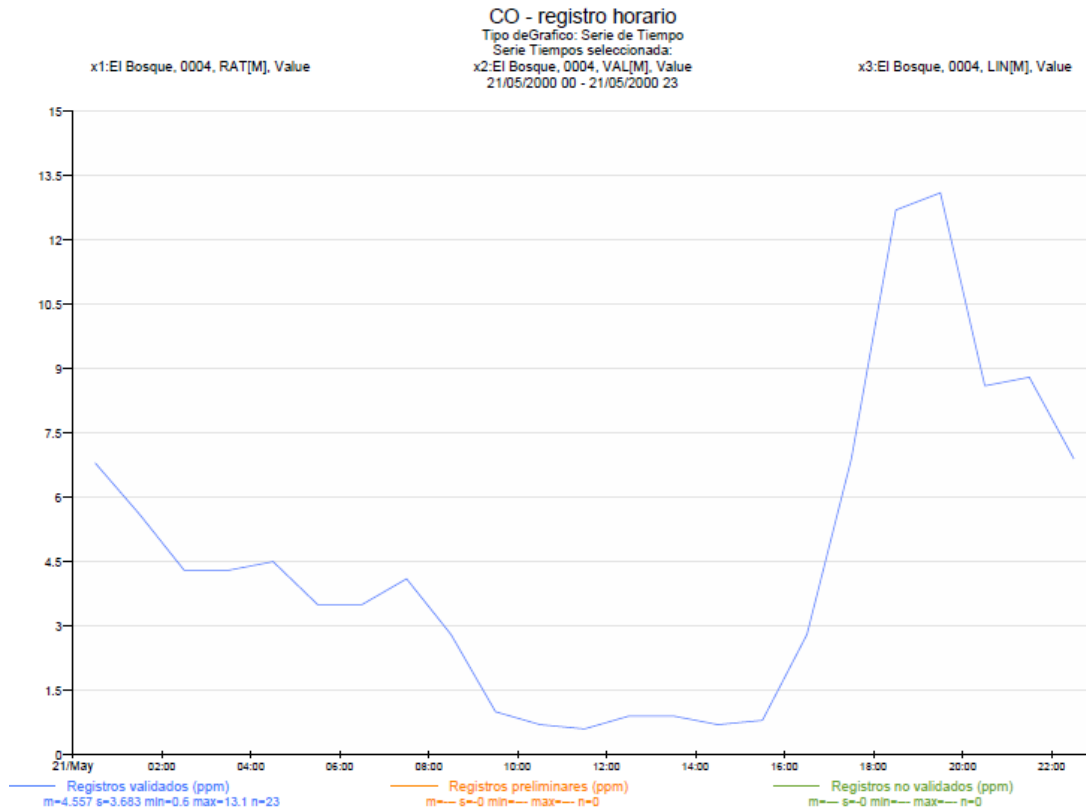
**Figura 4.12 Registro horario de la concentración de CO en el año 2000  
(07/05/2000 – 08/05/2000)**



Fuente: SINCA.

En la Figura 4.12, se puede ver que la normativa se sobrepasa en horas de la tarde noche, desde las 16:00 hasta las 22:00 horas, disparándose los niveles de la concentración en horas de la tarde.

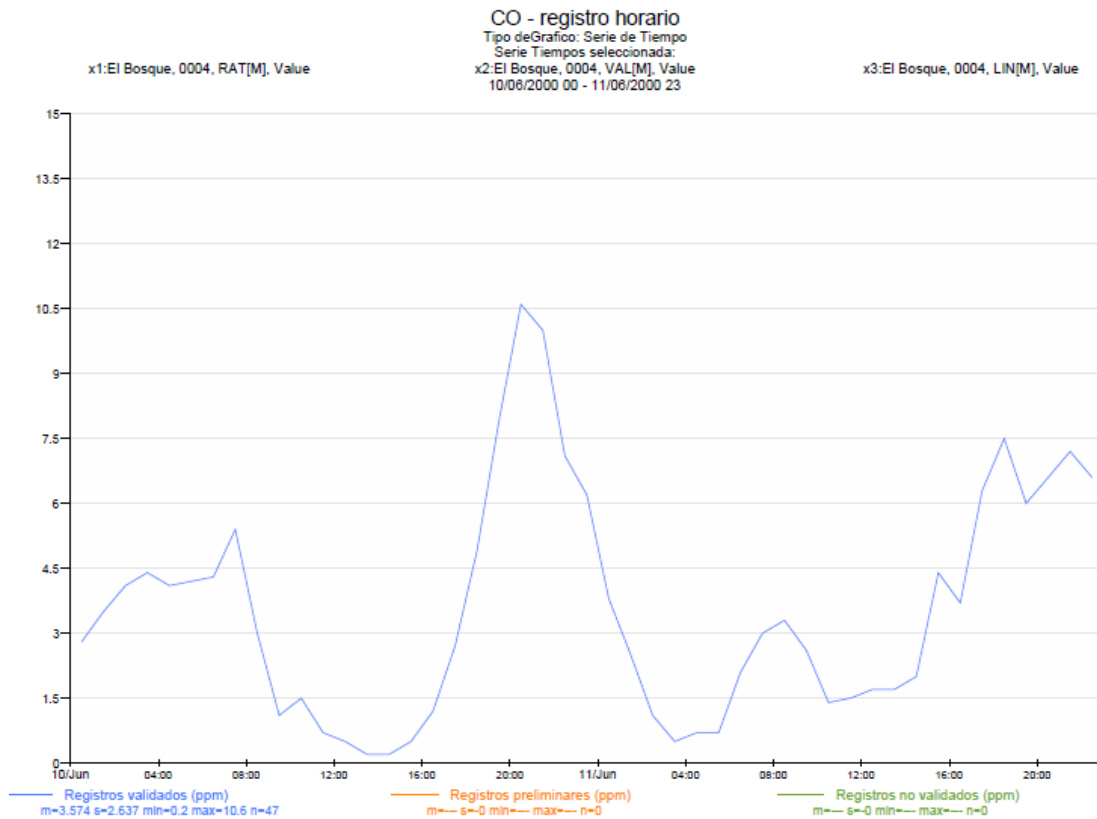
**Figura 4.13 Registro horario de la concentración de CO en el año 2000  
(21/05/2000)**



Fuente: SINCA.

Repitiéndose el comportamiento de los días anteriores de mayo, los niveles de concentración aumentan en horas de la tarde (ver Figura 4.13), lo que podría deberse al alto tráfico de automóviles.

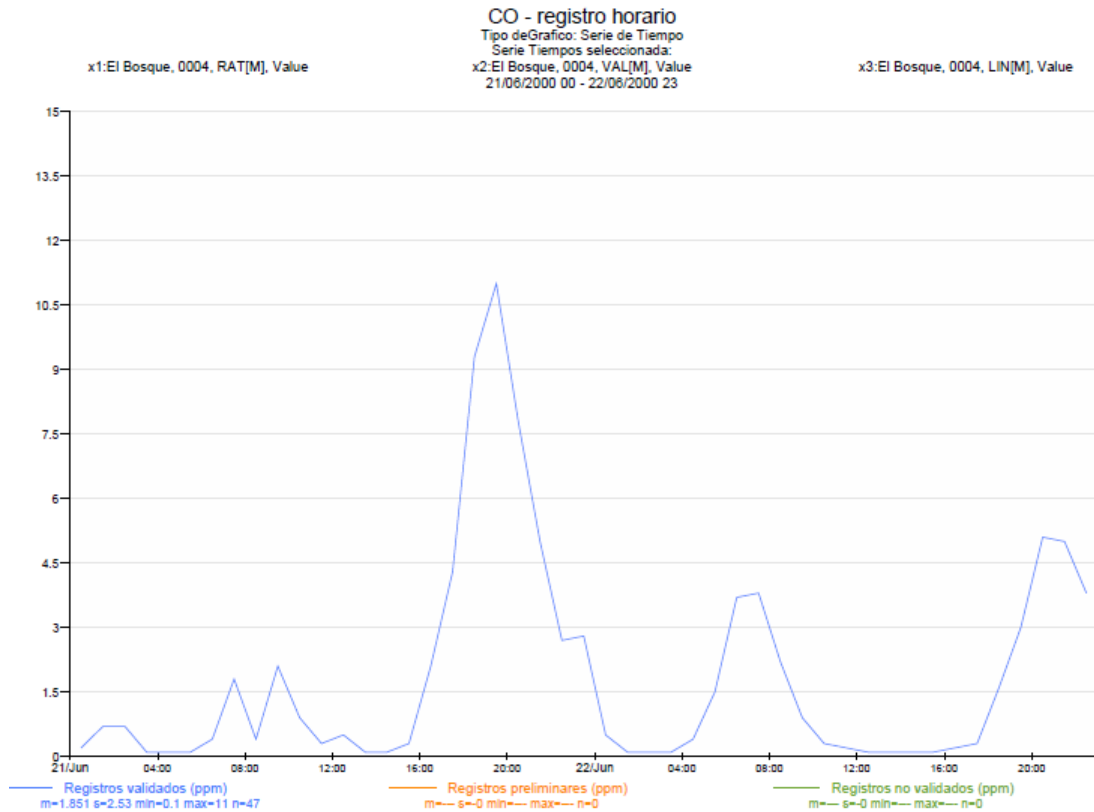
**Figura 4.14 Registro horario de la concentración de CO en el año 2000  
(10/06/2000 – 11/06/2000)**



Fuente: SINCA.

En la Figura 4.14 nuevamente se puede observar el aumento de la concentración de CO en horas de la tarde, sobrepasando la normativa establecida, por lo que la población se vio impactada directamente, pudiendo haber tenido síntomas respiratorios.

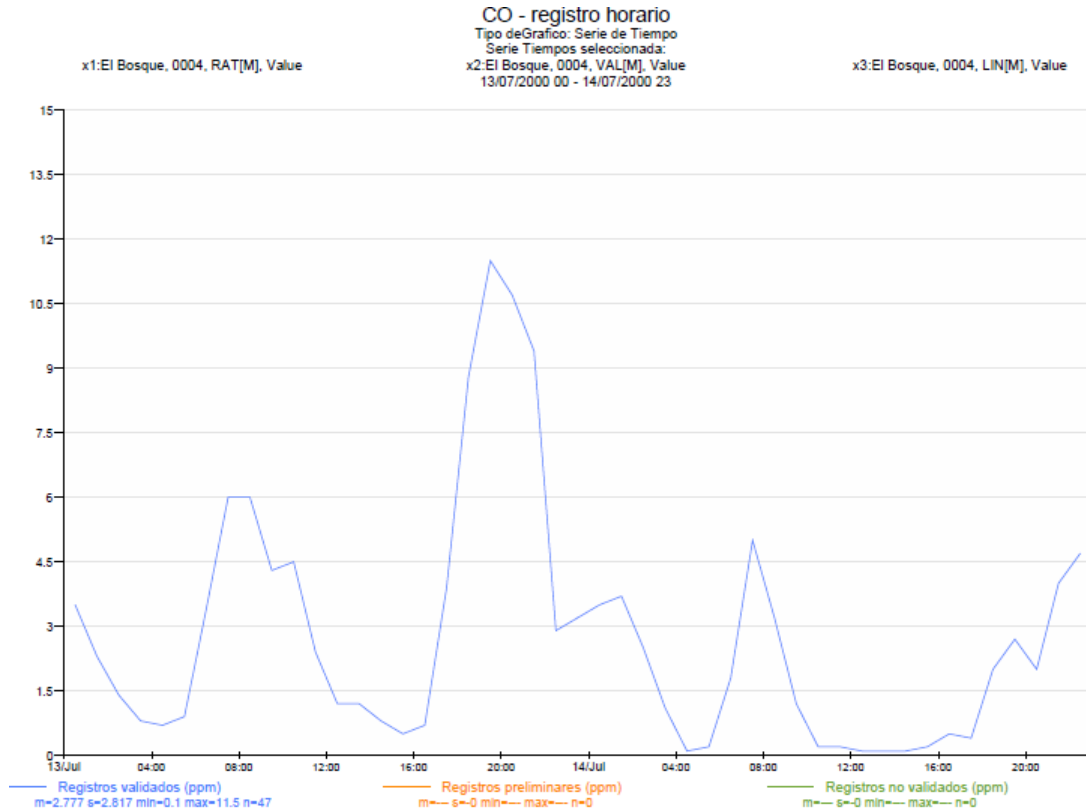
**Figura 4.15 Registro horario de la concentración de CO en el año 2000  
(21/06/2000 – 22/06/2000)**



Fuente: SINCA.

De la Figura 4.15 se puede deducir que la concentración aumenta a las 16:00 horas y va disminuyendo en la noche, por lo que se podría establecer que, debido el alto tráfico de automóviles, camiones, etc., en horas cercanas a las 18:00 horas, donde toda la población termina su jornada laboral, y se dirigen de vuelta a sus hogares, aumentan las concentraciones de estos contaminantes.

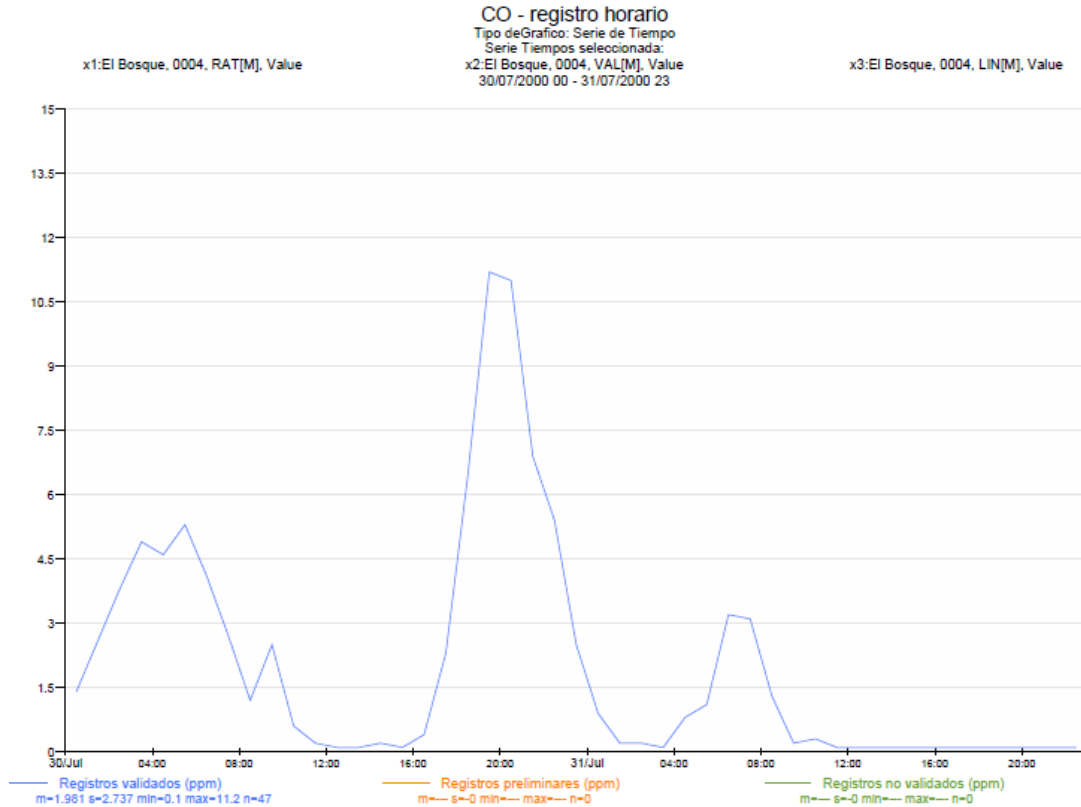
**Figura 4.16 Registro horario de la concentración de CO en el año 2000  
(13/07/2000 – 14/07/2000)**



Fuente: SINCA.

En la Figura 4.16, se puede observar que, en julio al igual que en el mes anterior, se repite el aumento de la concentración de CO durante la tarde, sobrepasando la normativa vigente, llegando casi a 12 [ppmv], impactando negativamente la salud de las personas.

**Figura 4.17 Registro horario de la concentración de CO en el año 2000  
(30/07/2000 – 31/07/2000)**



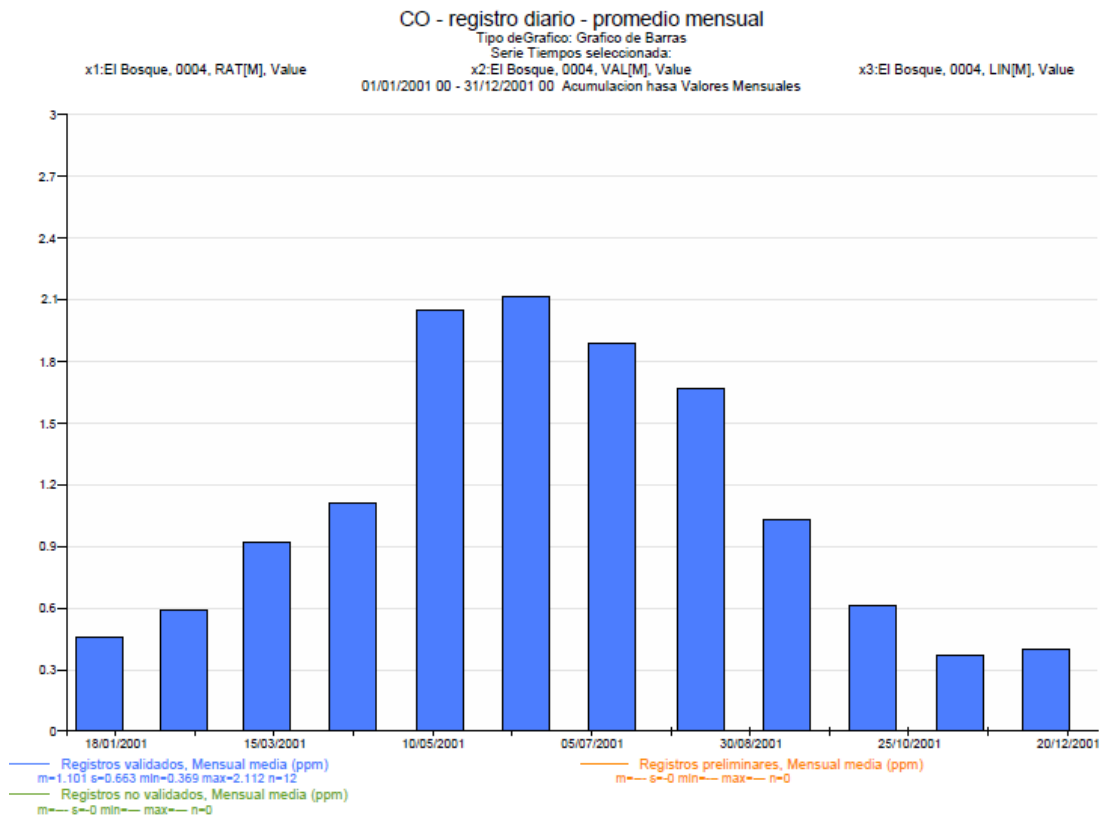
Fuente: SINCA.

Como se logra distinguir en las gráficas horarias de concentración de CO, mostradas en la Figura 4.17, se logró visualizar que, en el año 2000 desde las 16:00 a las 20:00 las concentraciones superaban los 9 [ppmv], por más de 1 hora, lo cual es muy perjudicial para la salud de las personas, evidenciando que la población se encontraba altamente impactada por estos contaminantes.

#### 4.3.1.1.2 Año 2001

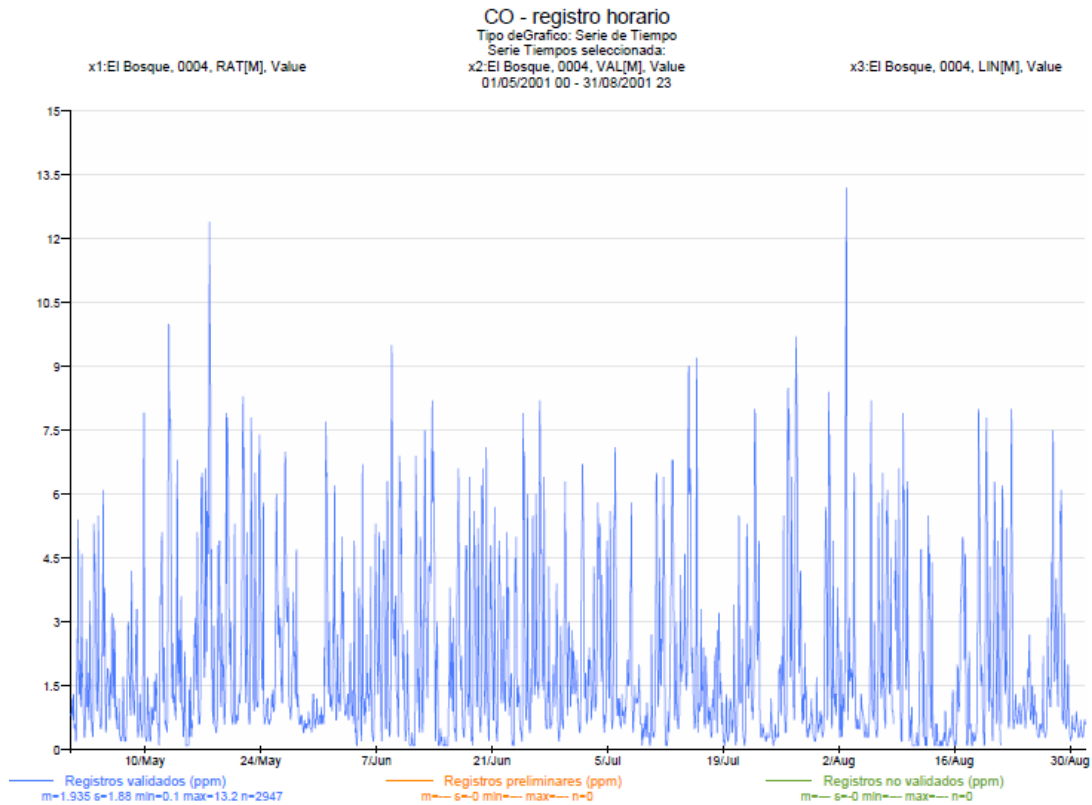
A diferencia del año 2000, en el año 2001, el promedio aritmético de las concentraciones de CO fue mayor en los meses de mayo a agosto (ver Figura 4.18), donde se estableció el patrón de dichos meses.

**Figura 4.18 Promedio de la concentración mensual de CO en el año 2001**



Fuente: SINCA.

**Figura 4.19 Registro diario de la concentración de CO en el año 2001  
(01/05/2001 – 31/08/2000)**



Fuente: SINCA.

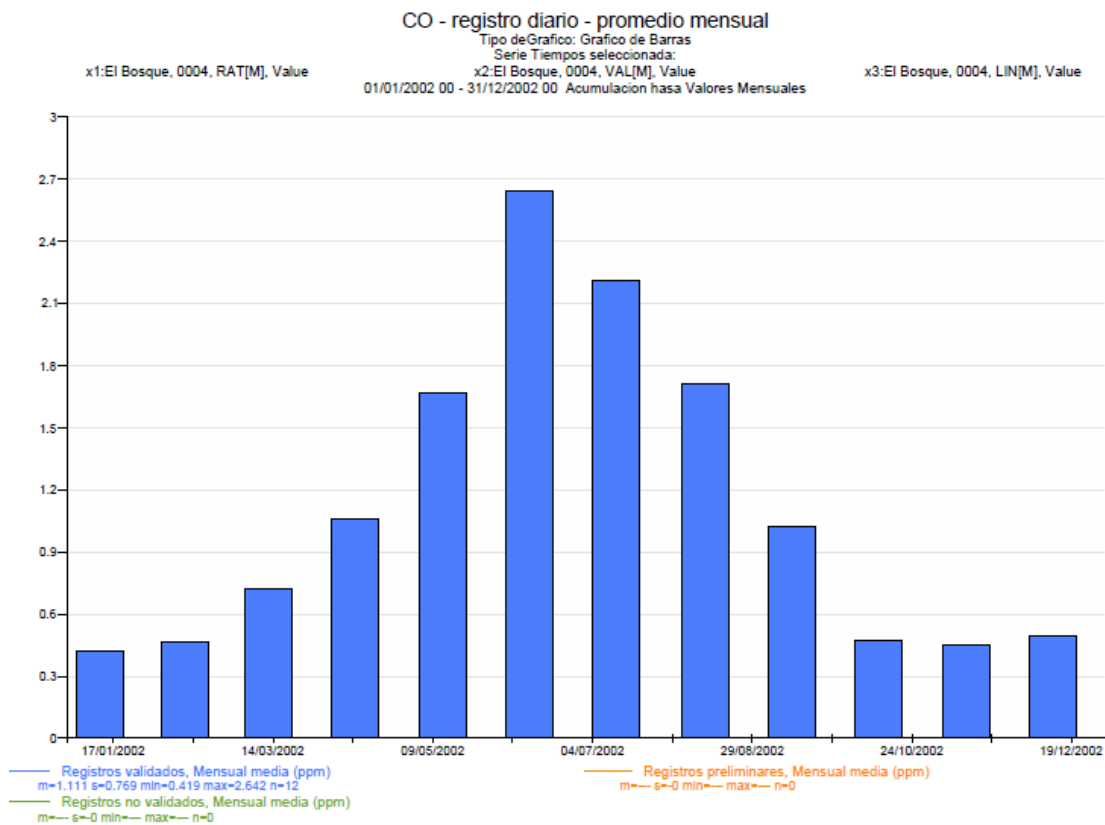
En la Figura 4.19 se puede observar que, la oscilación de la concentración de CO en el año 2001 se mantiene igual al año anterior, y sigue superando la norma de calidad primaria para CO, siendo superada por más de 1 hora la concentración. Además, la frecuencia indica que esta concentración generalmente se supera en los meses de invierno.



#### 4.3.1.1.3 Año 2002

En el año 2002, las concentraciones de CO comienzan a dispararse, lo que conlleva a que en los meses de invierno se mantenga elevada su concentración, como se puede evidenciar en la Figura 4.20.

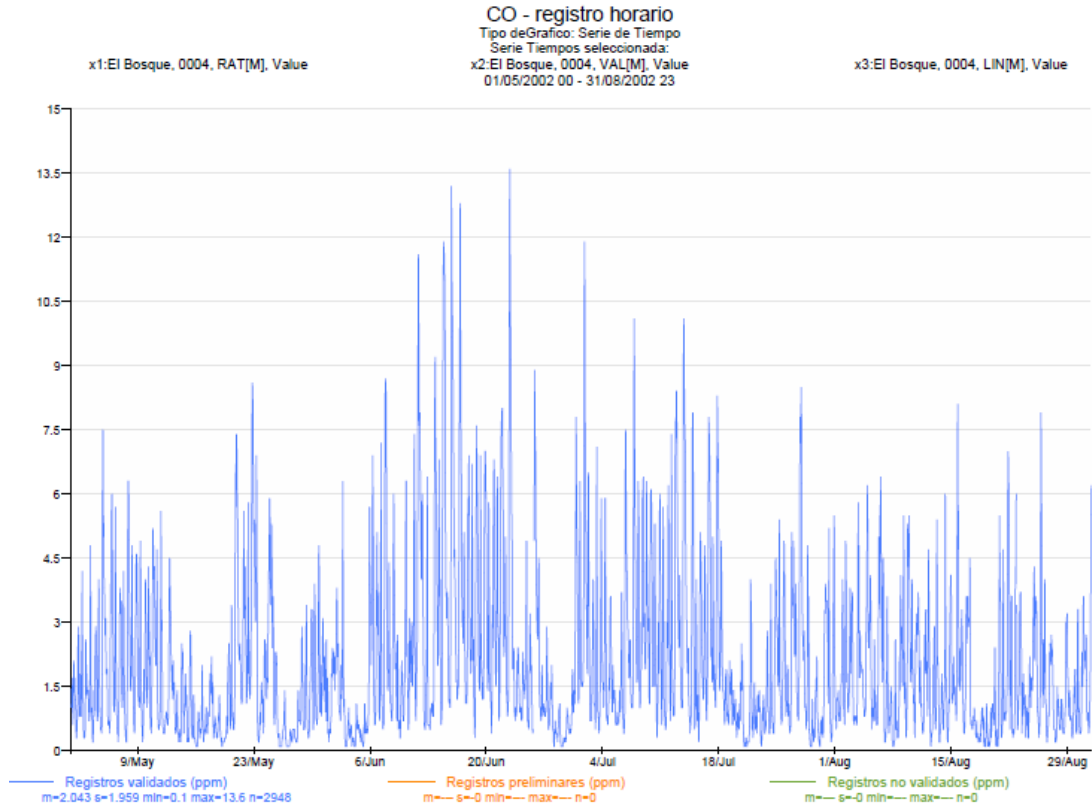
**Figura 4.20 Promedio de la concentración mensual de CO en el año 2002**



Fuente: SINCA.

Por consiguiente, en la Figura 4.21 se puede verificar que, durante junio fueron más de 15 días en los que se superó el límite establecido por la normativa vigente, incluso superaron los 13,5 [ppmv], es decir que, a medida que los años pasan la concentración aumenta en los meses de invierno.

**Figura 4.21 Registro diario de la concentración de CO en el año 2002  
(01/05/2002 – 31/08/2002)**

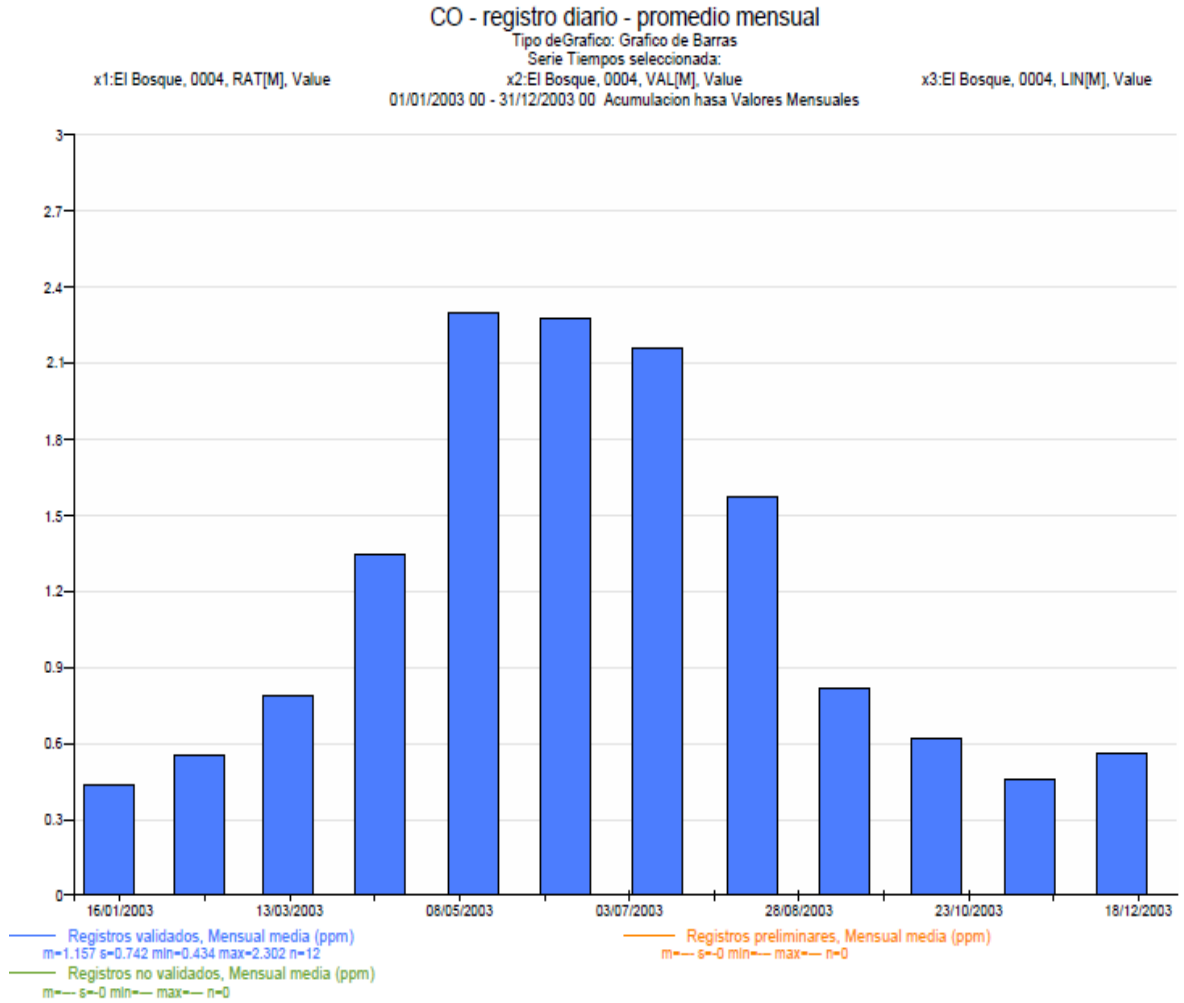


Fuente: SINCA.

#### 4.3.1.1.4 Año 2003

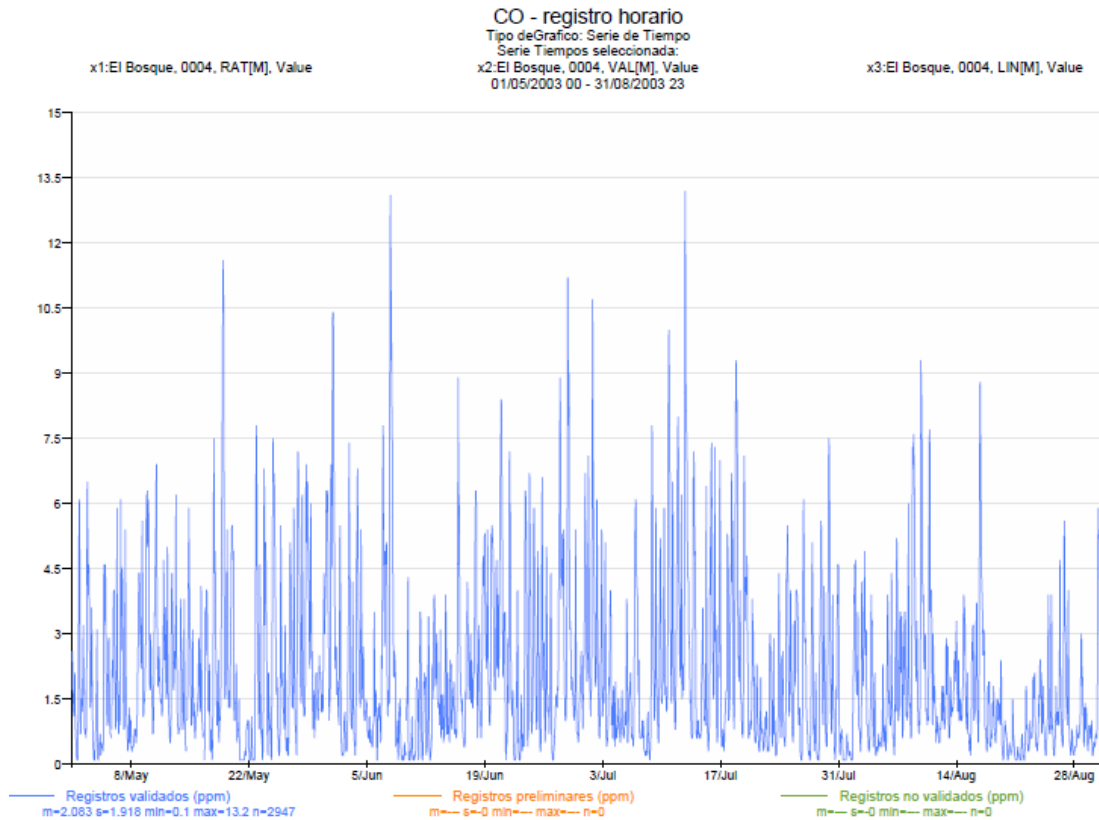
En lo que respecta el año 2003, la diferencia con los años anteriores no es mucha, ya que la situación se mantuvo, siendo en los meses de invierno cuando se incumplió la normativa de calidad del aire para CO (ver Figura 4.22).

**Figura 4.22 Promedio de la concentración mensual de CO en el año 2003**



Fuente: SINCA.

**Figura 4.23 Registro diario de la concentración de CO en el año 2003  
(01/05/2003 – 31/08/2003)**



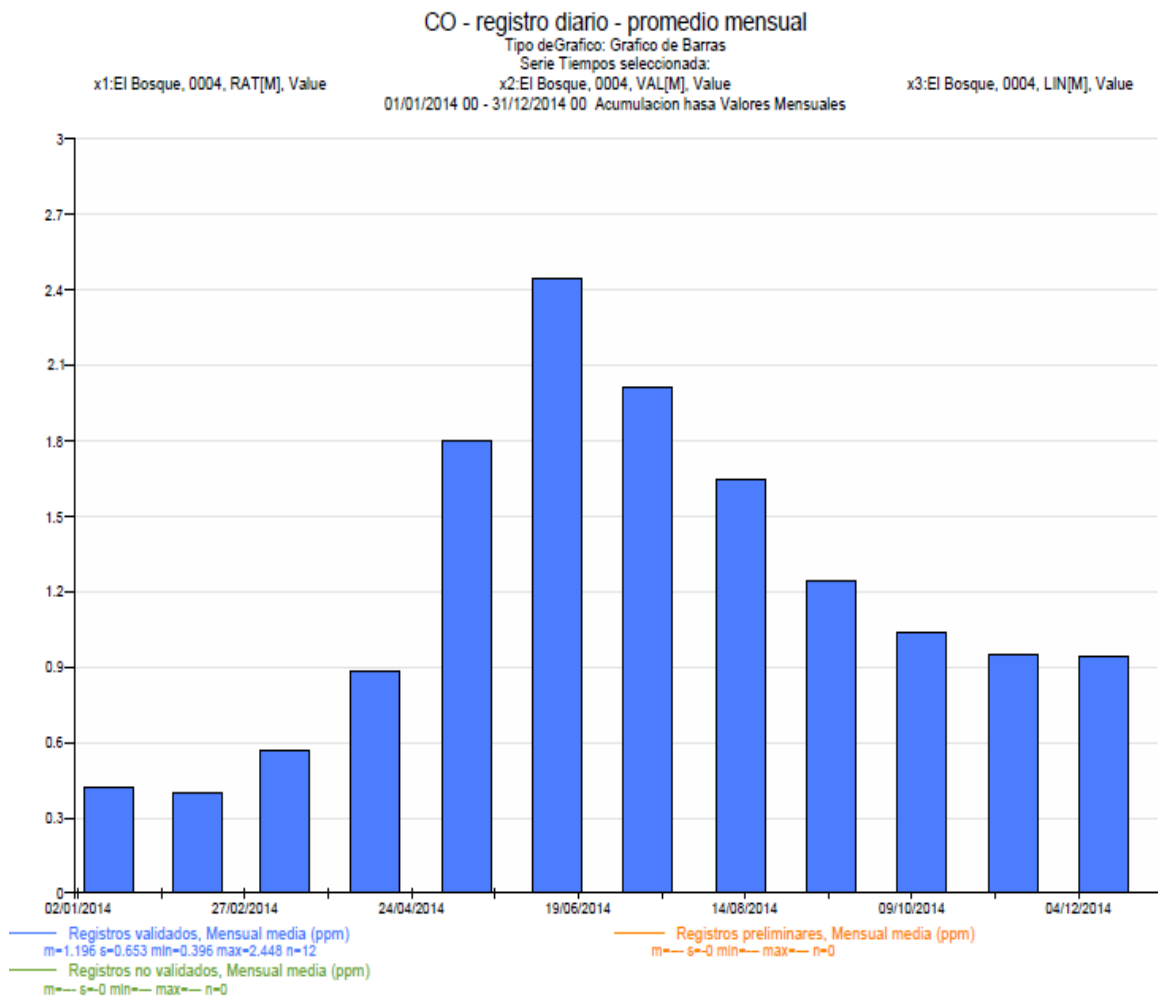
Fuente: SINCA.

Siguiendo el mismo comportamiento de los años anteriores, el aumento de las concentraciones se centra desde las 16:00 hacia las 22:00, teniendo un intervalo de 2 a 3 horas donde superan los 9 [ppmv] de concentración de CO, como muestra la Figura 4.23.

#### 4.3.1.1.5 Años 2014 y 2015

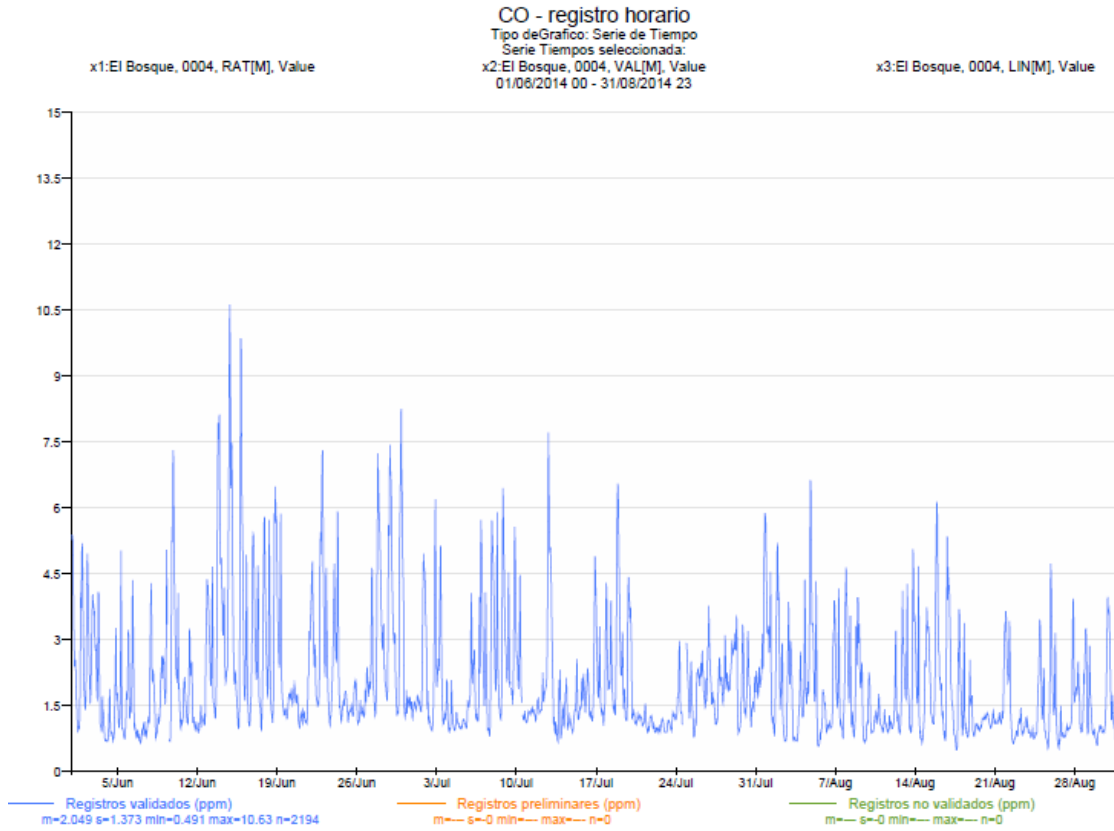
En el año 2014, la variabilidad de las concentraciones no esta tan alejada a los años anteriores (ver Figura 4.24), manteniéndose la concentración elevada en los meses de invierno, pudiendo incrementar las infecciones respiratorias en invierno.

**Figura 4.24 Promedio de la concentración mensual de CO en el año 2014**



Fuente: SINCA.

**Figura 4.25 Registro diario de la concentración de CO del año 2014  
(01/06/2014 – 31/08/2014)**



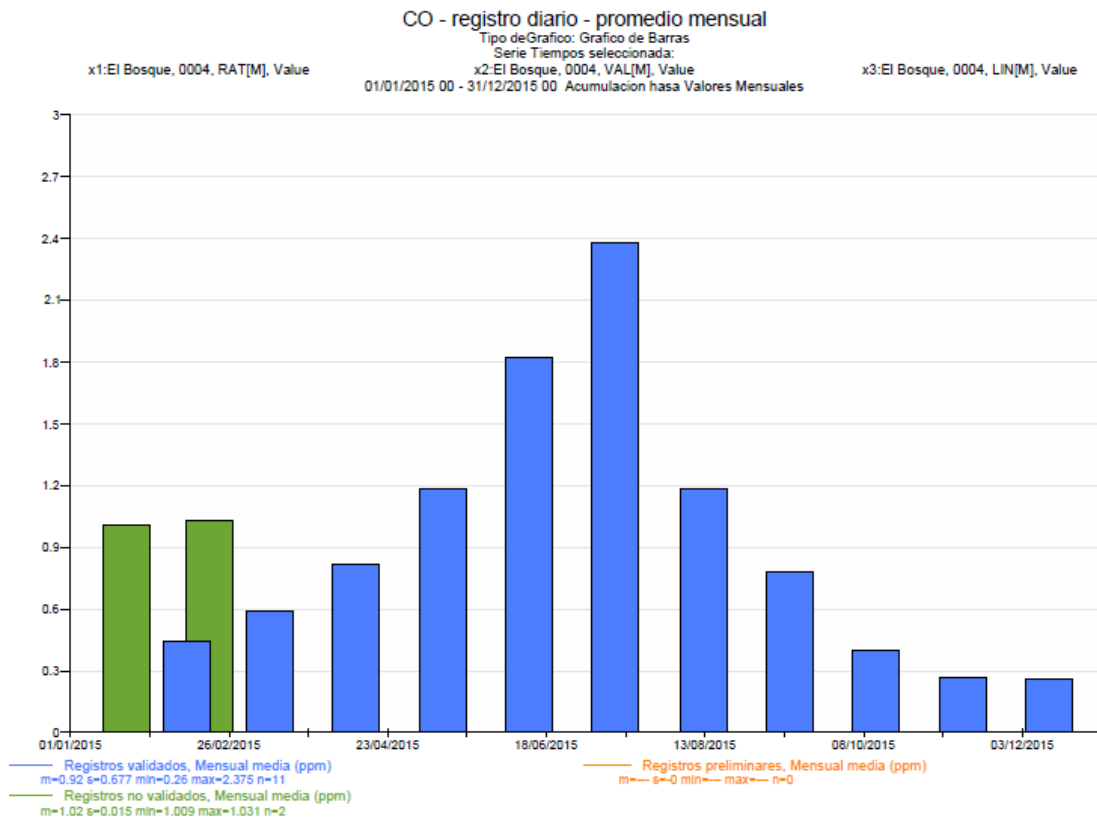
Fuente: SINCA.

En lo que respecta la concentración diaria, el promedio aritmético fue mayor, porque las concentraciones diarias fueron mayores, pero no a tal punto de infringir la norma de calidad de aire para CO, como muestra la Figura 4.25.

Según indica la Figura 4.26, la variación de las concentraciones se mantiene relativamente igual a años anteriores, aumentando en época de invierno, debido a que “la ciudad se encuentra en medio de los cerros y montañas de la Cordillera de los Andes, lo que dificulta la ventilación del aire. Es por esto, que la lluvia cobra gran importancia: “Cuando llueve se rompe la inversión térmica y se limpia

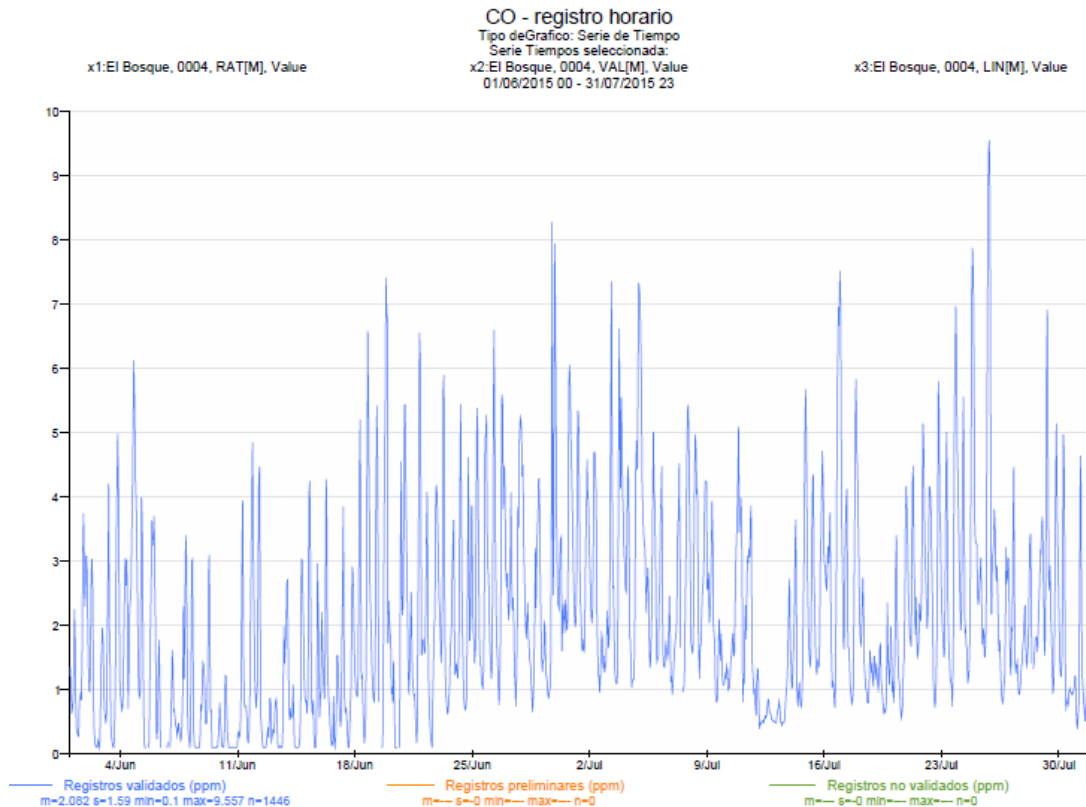
rápidamente la cuenca de la ciudad de Santiago debido al paso de los sistemas frontales” (Cardemil, 2020) pero, actualmente, esta ciudad se encuentra en una condición de sequía, por lo que la calidad del aire en invierno no mejora.

**Figura 4.26 Promedio de la concentración mensual de CO en el año 2015**



Fuente: SINCA.

**Figura 4.27 Registro diario de la concentración de CO en el año 2015  
(01/06/2015 – 31/07/2015)**



Fuente: SINCA.

Para concluir, el comportamiento de las concentraciones de emisiones atmosférica de monóxido de carbono (CO), es semejante a lo largo de los años y de forma muy preocupante. En la Figura 4.27, se puede observar que se incumple la normativa vigente durante los meses de invierno, entre las 16:00 y 22:00 hrs. Esto se puede deber al aumento de flujo vehicular durante esos rangos horarios.

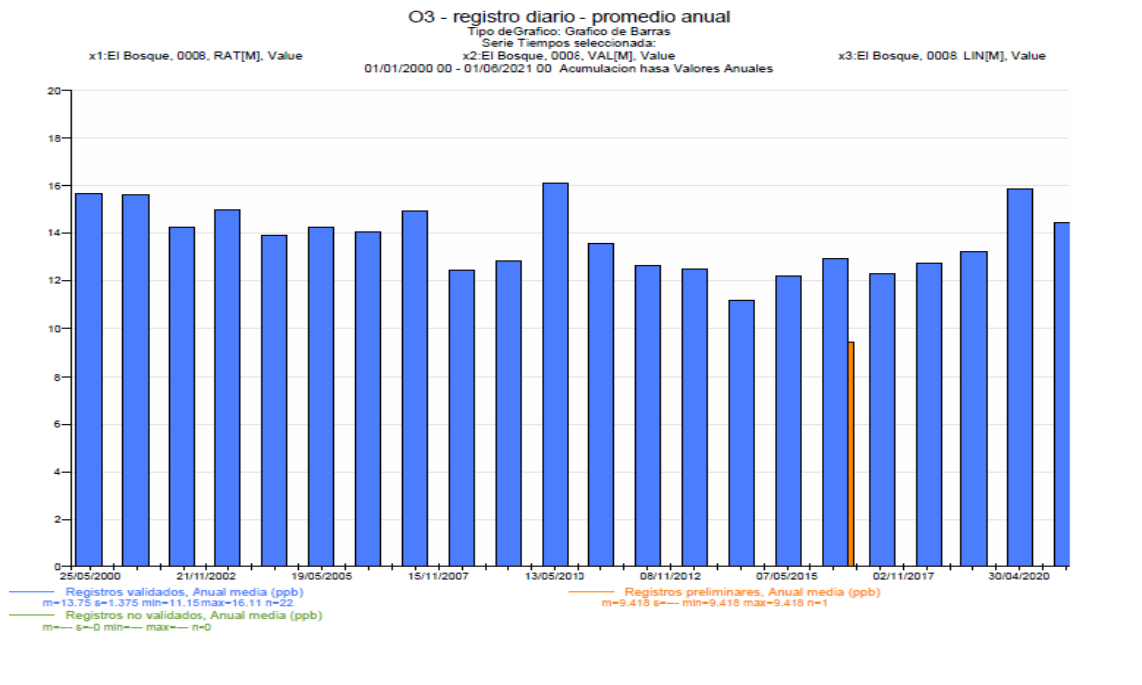


#### 4.3.1.2 Contaminante O<sub>3</sub>

El O<sub>3</sub> es una emisión atmosférica y su concentración a nivel del suelo es la que causa el smog fotoquímico. Según la Figura 4.28, las concentraciones anuales no presentan un incumplimiento a la normativa. Sin embargo, se evaluaron de igual forma los 4 años cuando las concentraciones de [ppbv] de O<sub>3</sub> fueron más altas. Tales años fueron el 2000, 2001 y 2010.

Para este análisis, se visualizó el promedio aritmético de cada mes por año y luego se vieron los días para así detectar si se superaron las concentraciones de O<sub>3</sub>, de 61 [ppbv], por más de 8 horas, como establece la normativa.

**Figura 4.28 Promedio anual de las concentraciones de O<sub>3</sub> en el año 2000**

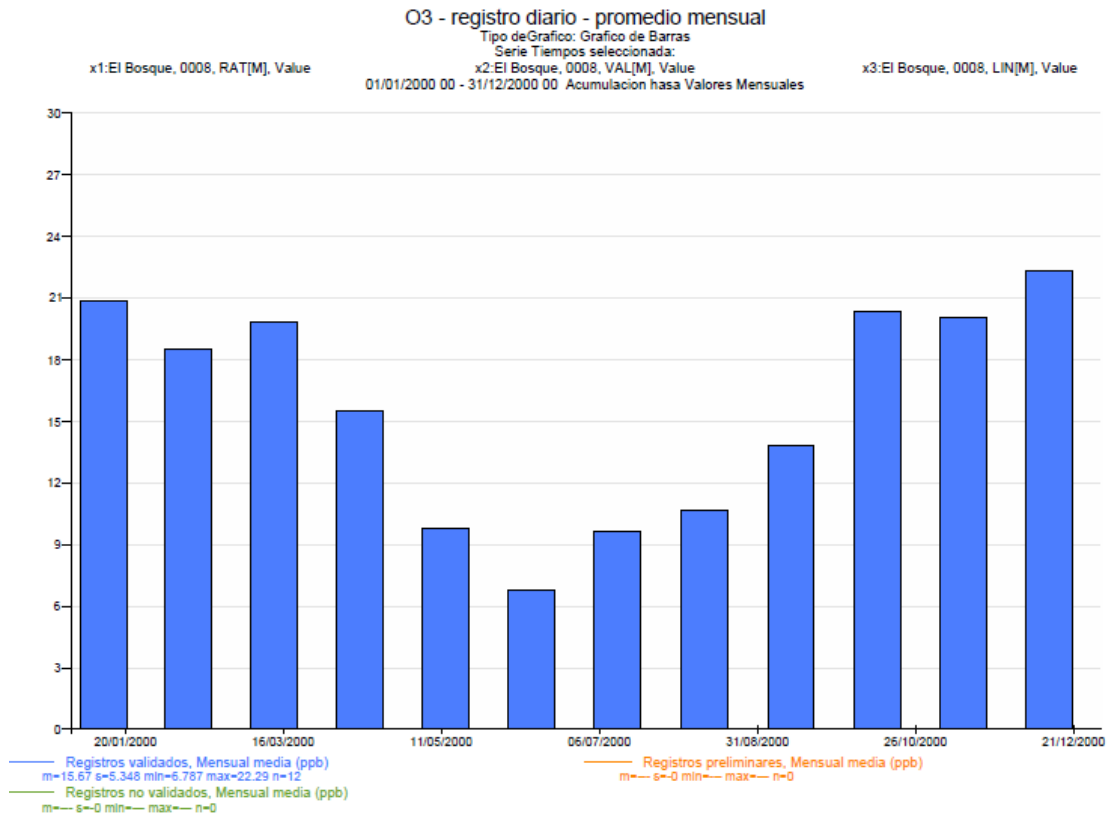


Fuente: SINCA.

#### 4.3.1.2.1 Año 2000

En lo que respecta el año 2000, la concentración mensual de O<sub>3</sub> tiene un comportamiento distinto a la de CO, ya que las primeras se centran en los meses de verano y primavera. Como se puede apreciar en la Figura 4.29, los meses que sobrepasan la normativa son diciembre y enero.

**Figura 4.29 Promedio mensual de la concentración de O<sub>3</sub> en el año 2000**

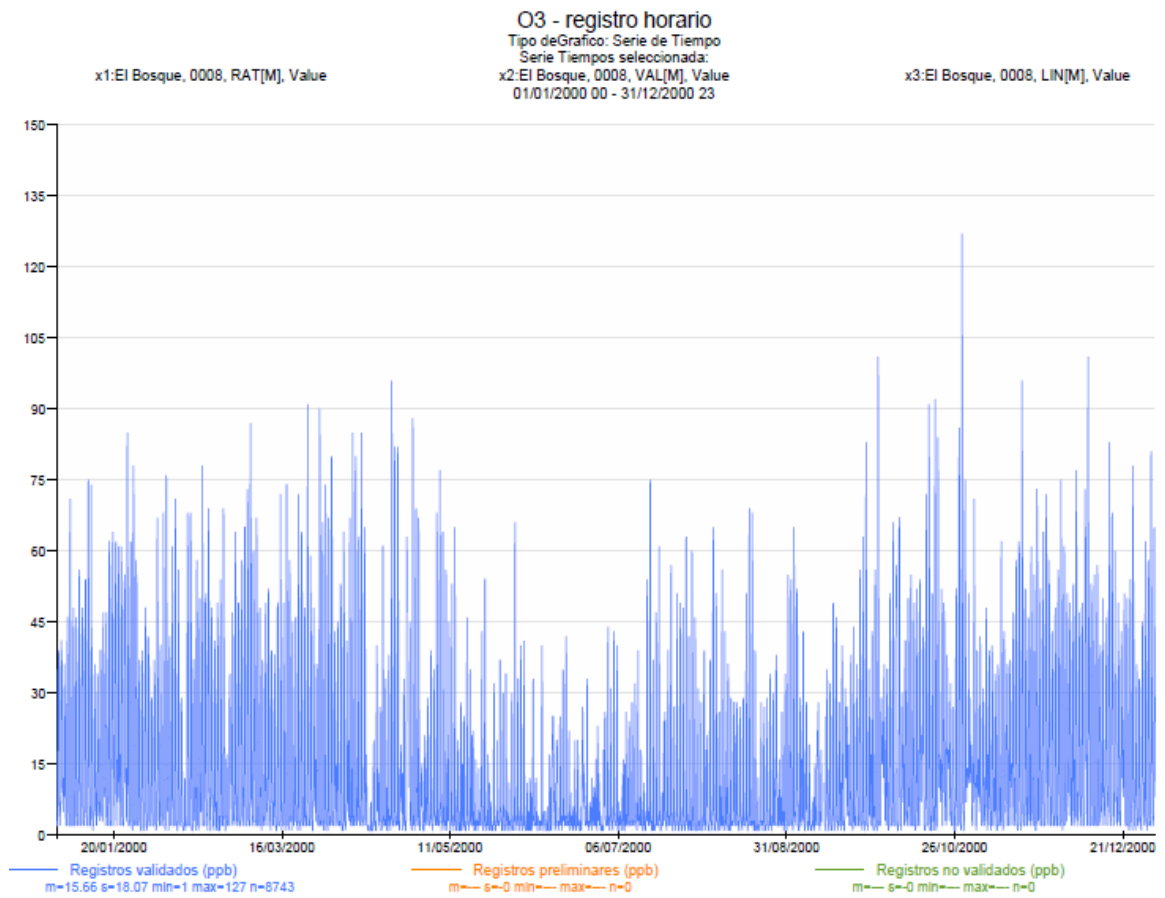


Fuente: SINCA.

Tal como se puede apreciar en la Figura 4.30, a lo largo del año 2000 se superaron las concentraciones de O<sub>3</sub>, pero nunca por más de 8 horas. No obstante, dentro de ese año, cuando la concentración marcó 127 [ppbv] de O<sub>3</sub> (ver Figura 4.31), se incumplió la normativa, ya que pasaron más de 8 horas por

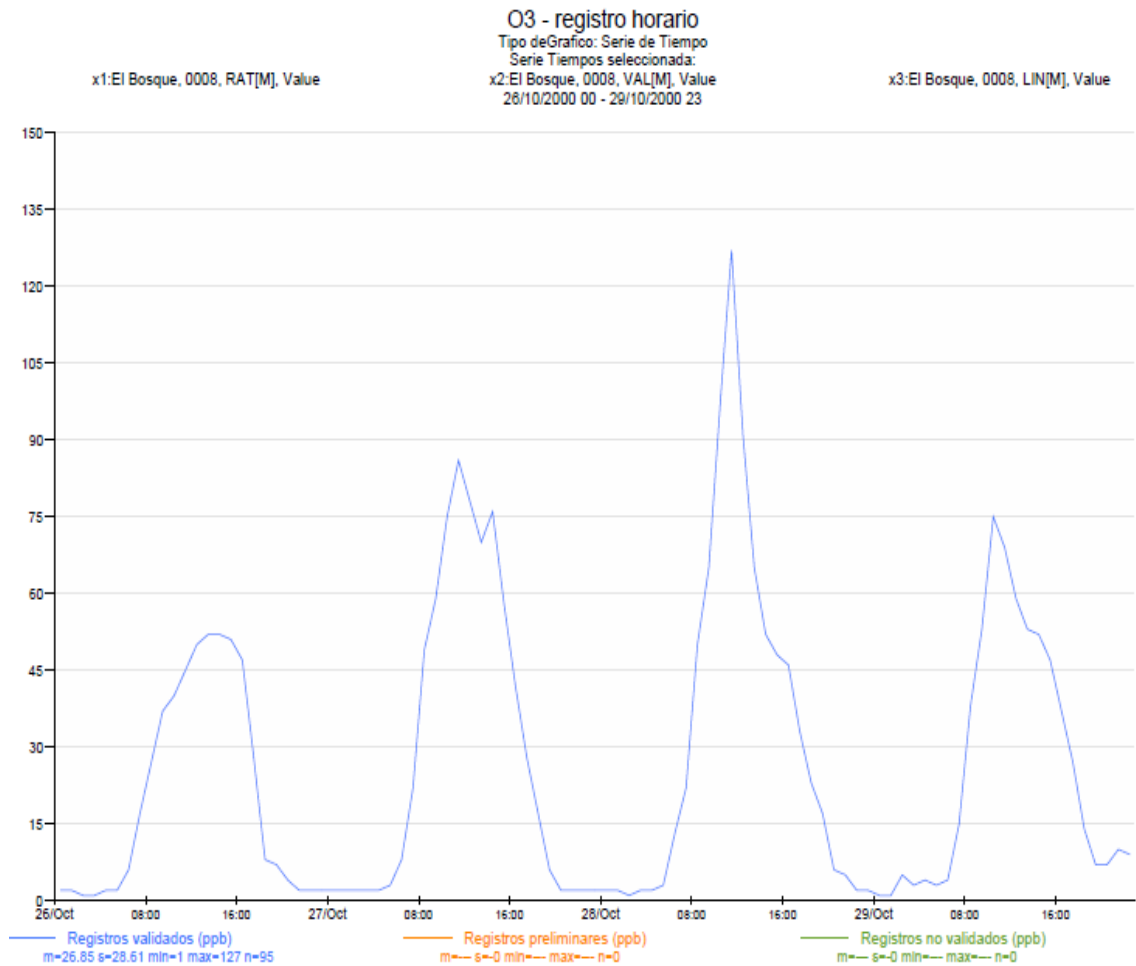
sobre los 61 [ppbv]. Lo anterior, en consecuencia, podría haber tenido un efecto negativo en la salud de las personas.

**Figura 4.30 Registro diario de las concentraciones de O<sub>3</sub> en el año 2000**



Fuente: SINCA.

**Figura 4.31 Registro diario de las concentraciones de O<sub>3</sub> en el año 2000  
(26/10/2000 – 29/10/2000)**



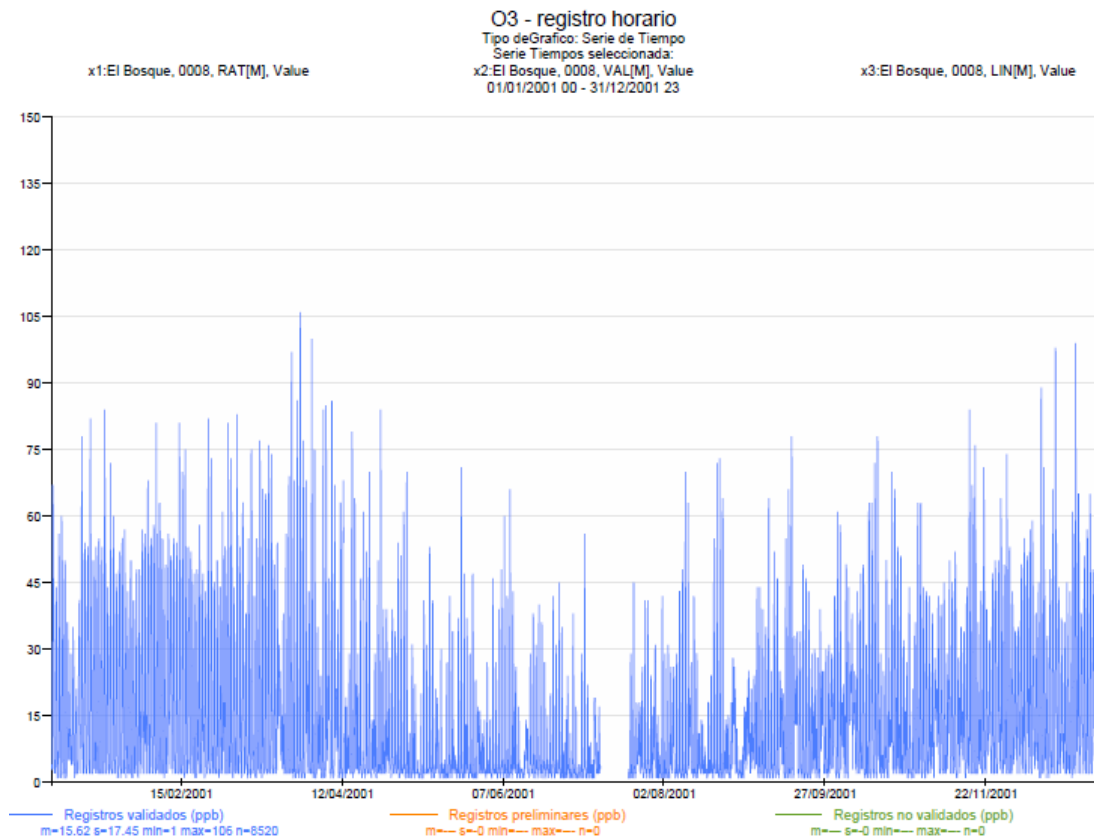
Fuente: SINCA.

#### 4.3.1.2.2 Año 2001

En el año 2001, en comparación con el año anterior, los niveles de las concentraciones de O<sub>3</sub> fueron mucho menores, y en ningún momento del año incumplieron la normativa. Por otra parte, se identificó el momento del día en que

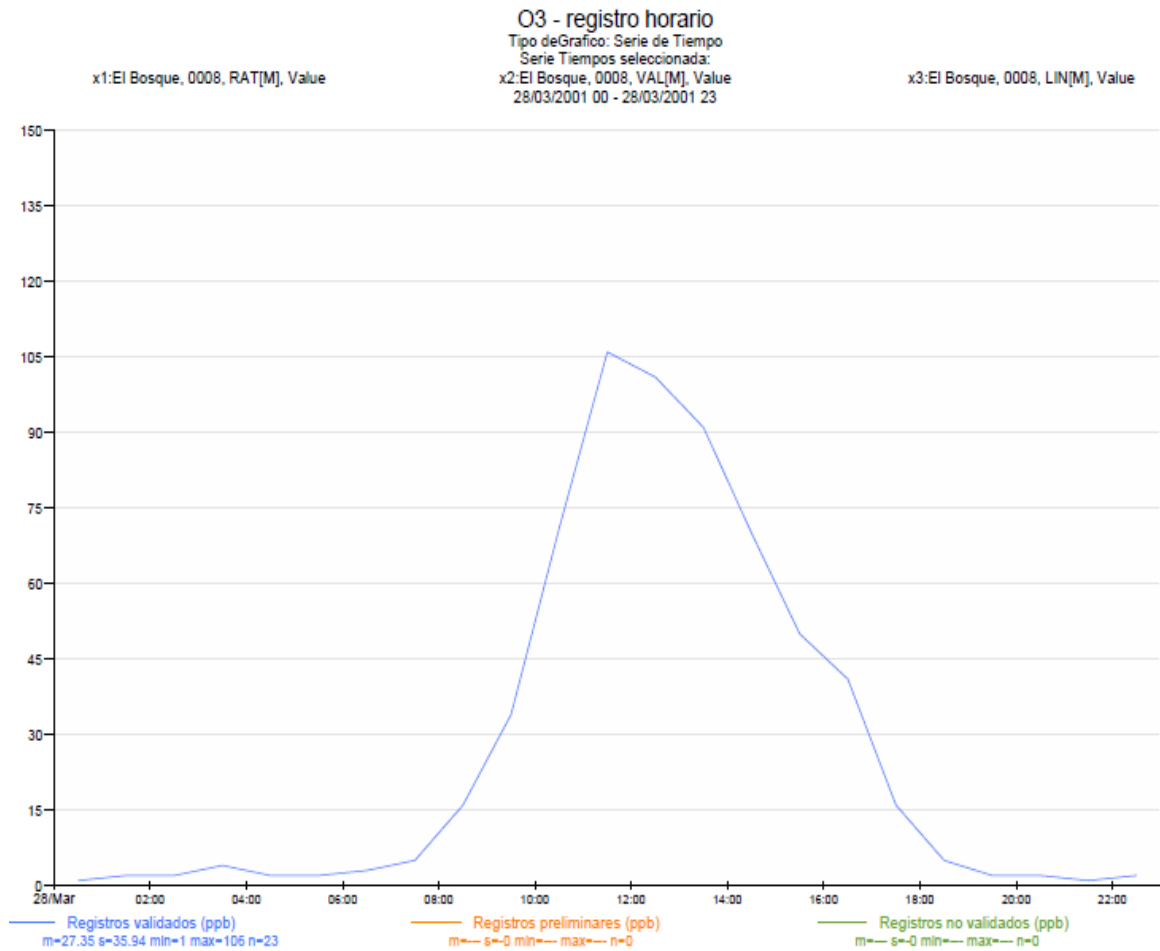
en las concentraciones de O<sub>3</sub> aumentaron las que, constantemente, se presentan en el rango horario de las 08:00 a las 18:00 (ver Figura 4.32).

**Figura 4.32 Registro diario de la concentración de O<sub>3</sub> en el año 2001**



Fuente: SINCA.

**Figura 4.33 Registro horario de la concentración de O<sub>3</sub> en el año 2001  
(28/03/2001 – 28/03/2001)**



Fuente: SINCA.

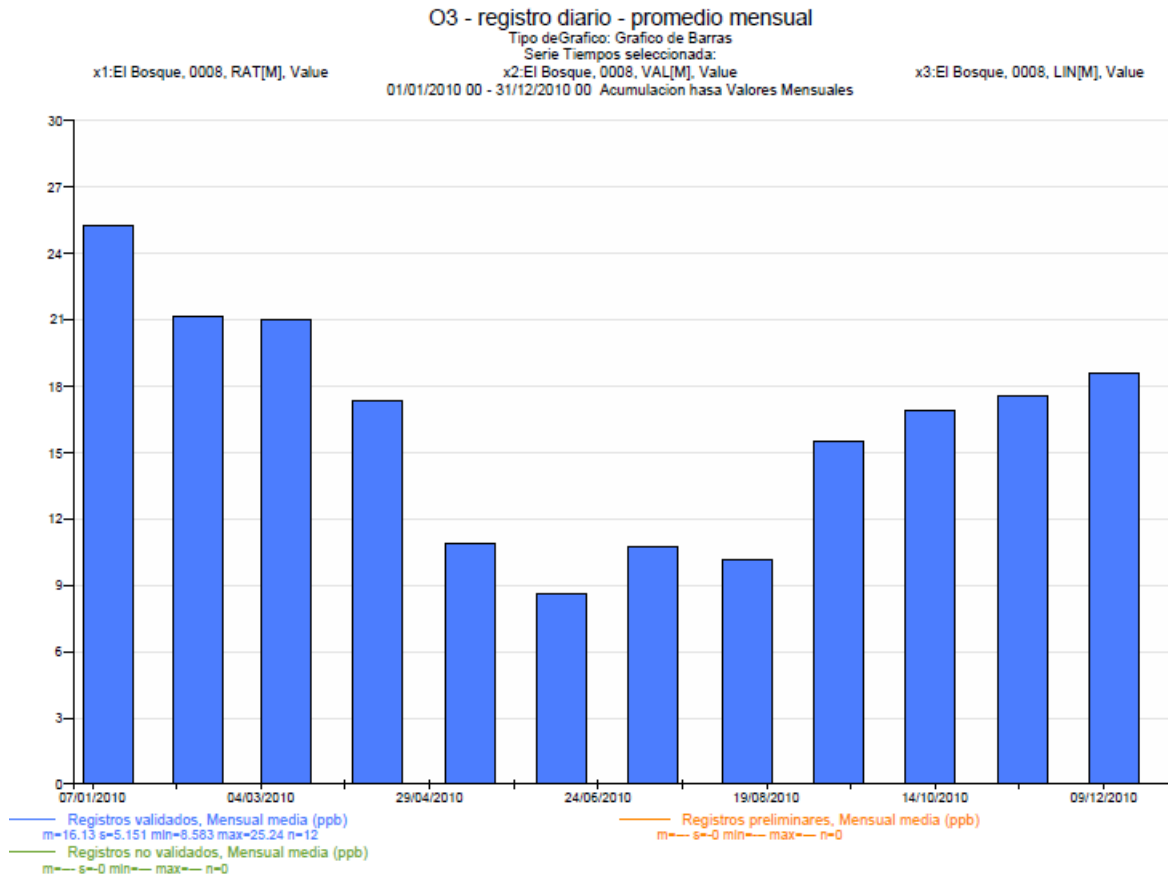
Como se puede apreciar en la Figura 4.33, las concentraciones de O<sub>3</sub> aumentan desde las 08:00 de la mañana y disminuyen a las 18:00, afectando a la población durante 6 horas.

#### 4.3.1.2.3 Año 2010

El comportamiento del contaminante O<sub>3</sub>, a lo largo de los años, ha ido en disminución, como muestra la Figura 4.34 pero, gradualmente, en los meses que corresponden a mayor radiación solar, los niveles de concentración han ido en aumento, y en el año 2010 se registró el año con más concentración de O<sub>3</sub>, en la estación de monitorio de El Bosque.

La Figura 4.35 muestra que, durante uno de los meses más calurosos del año (enero), la concentración de O<sub>3</sub> fue mayor comparada con los otros meses del año. Sin embargo, no se incumplió la norma, siendo que en la mayoría de los días del mes se superaron los 61 [ppbv] de concentración de O<sub>3</sub>, pero nunca por más de 8 horas.

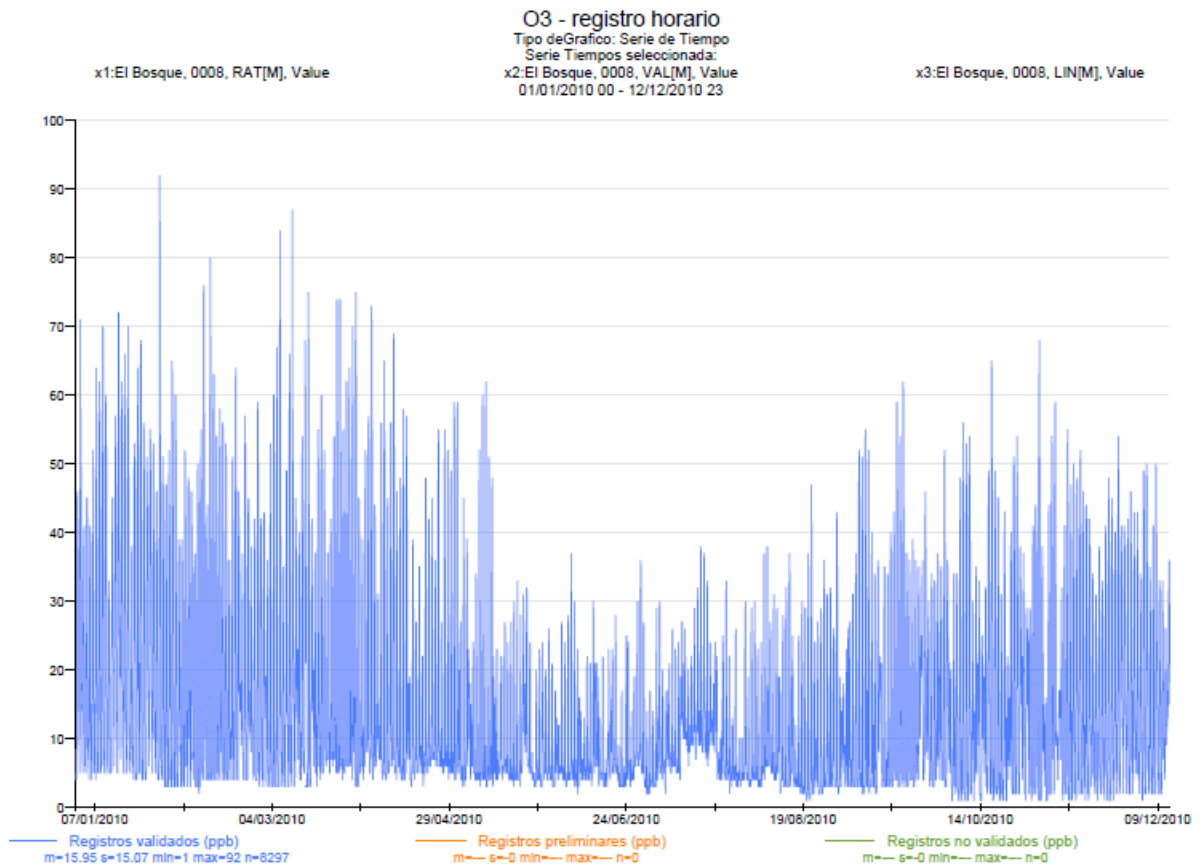
**Figura 4.34 Promedio de la concentración mensual de O3 en el año 2010**



Fuente: SINCA.



**Figura 4.35 Registro diario de la concentración de O<sub>3</sub> en el año 2010**



Fuente: SINCA.

Según la Figura 4.35, como se había evidenciado, la presencia de altas concentración de O<sub>3</sub> se presentan en los días más calurosos del año.

El comportamiento de las concentraciones O<sub>3</sub> a lo largo del siglo XXI, según los registros del SINCA, no debiesen tener una relación directa con las enfermedades respiratorias de la zona en estudio, ya que muy pocas veces se incumple la normativa para este contaminante en el sector de la estación de Monitoreo de El Bosque.

#### 4.3.1.3 Contaminante MP<sub>10</sub>

La concentración del material particulado de diámetro aerodinámico menor o igual a 10 micrones, o también MP<sub>10</sub>, es el principal causante de las preemergencias y emergencias ambientales. El límite de la concentración de MP<sub>10</sub>, según la normativa, no puede ser mayor o igual a 150 µg/m<sup>3</sup>N, para el percentil 98 de 24 horas de concentración.

Por consiguiente, se considerará un incumplimiento a la norma calidad del aire cuando la concentración anual MP<sub>10</sub> sea mayor o igual a 50 µg/m<sup>3</sup>N. Si se genera incumplimiento de dicha normativa anual, se debe obtener el promedio aritmético de 3 años calendario consecutivos.

**Tabla 4.5 Registros de concentraciones de MP<sub>10</sub> desde el año 2000 al 2021 en [µg/m<sup>3</sup>N]**

AÑO	2.000	2.001	2.002	2.003	2.004	2.005	2.006	2.007	2.008	2.009	2.010	2.011	2.012	2.013	2.014	2.015	2.016	2.017	2.018	2.019	2.020	2.021
RV	82	76	76	83	77	78	79	79	76	73	70	78	69	76	69	76	67	64	65	78		
RP																					71	73

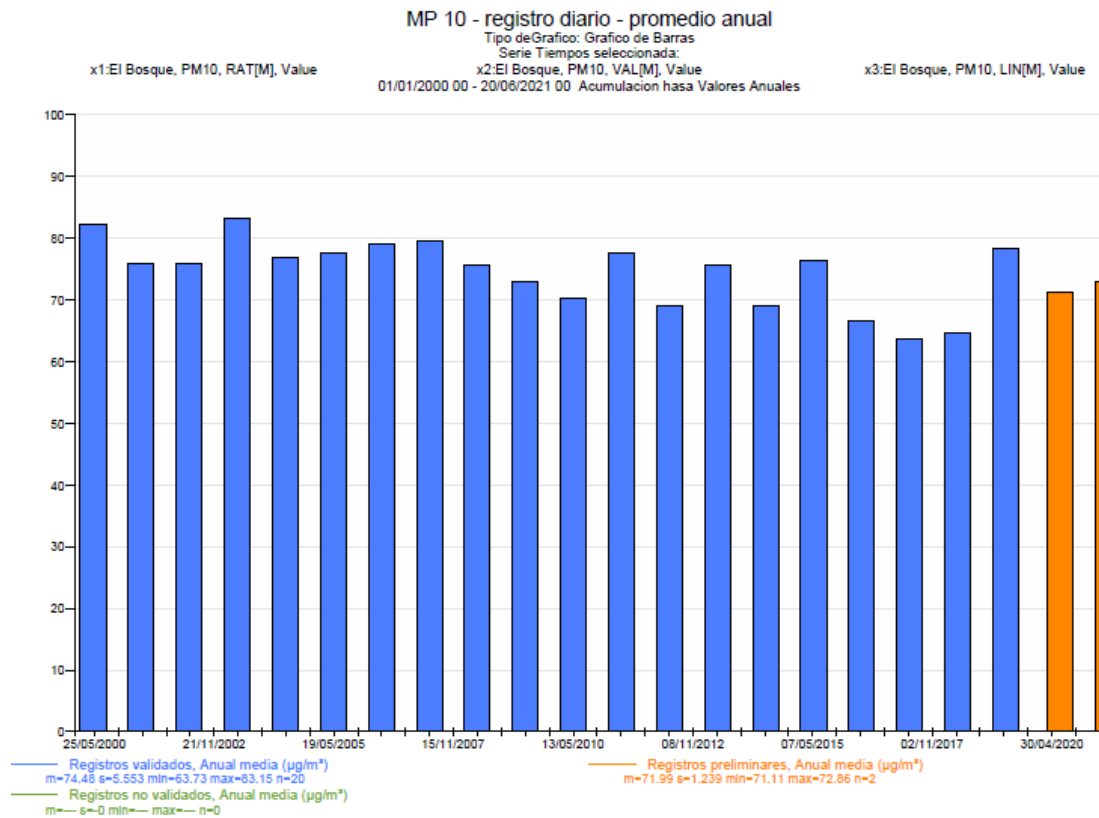
Fuente: SINCA.

RV: Registros Válidos

RP: Registros Preliminares

Como indica la Tabla 4.5, no fue sólo ligeramente que se sobrepasaron los límites permitidos, sino que fueron superados con creces, llegando a los 83 µg/m<sup>3</sup>N el año 2003, lo cual podría totalmente estar vinculadas con el incremento de enfermedades respiratorias en la zona estudiada, así como también de la zona sur de la Región Metropolitana.

**Figura 4.36 Promedio anual de las concentraciones de MP<sub>10</sub> desde el año 2000 al 2021 en la estación de monitoreo El Bosque**



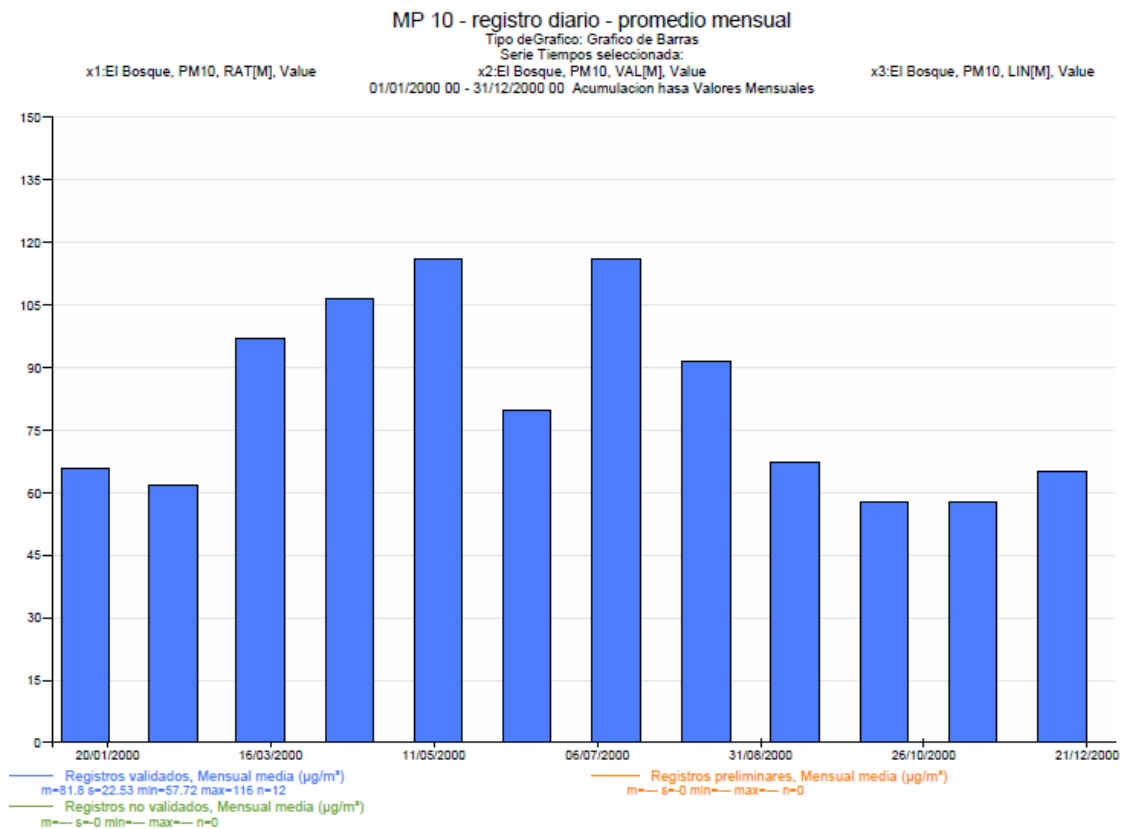
Fuente: SINCA.

Como se puede apreciar en la Figura 4.36, en los registros anuales de la concentración de MP<sub>10</sub> se identificó que, desde el año 2000 hasta el año 2019, sin contar los registros preliminares de los años 2020 y 2021 por el SINCA, se infringió la normativa de calidad del aire en las concentraciones anuales, en la estación de monitoreo del Bosque.

#### 4.3.1.3.1 Año 2000

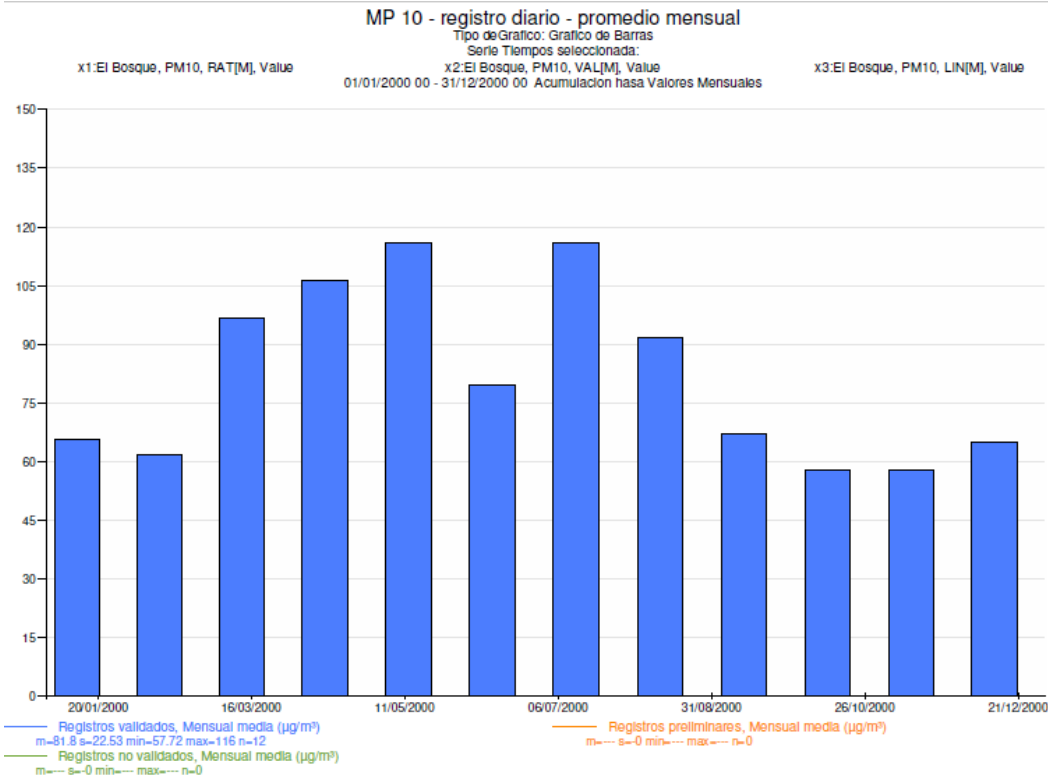
En lo que respecta a los promedios aritméticos de los meses del año 2000, se pudo identificar que, el comportamiento del MP<sub>10</sub> mostró que el aumento de los niveles se concentra en los meses que van desde marzo a agosto, como señala la Figura 4.37 Siguiendo la misma línea, en la Figura 4.38 se identificó que, durante varios días el promedio diario superó los 150 µg/m<sup>3</sup>N, impactando negativamente la salud de las personas.

**Figura 4.37 Promedio de la concentración mensual de MP<sub>10</sub> en el año 2000**



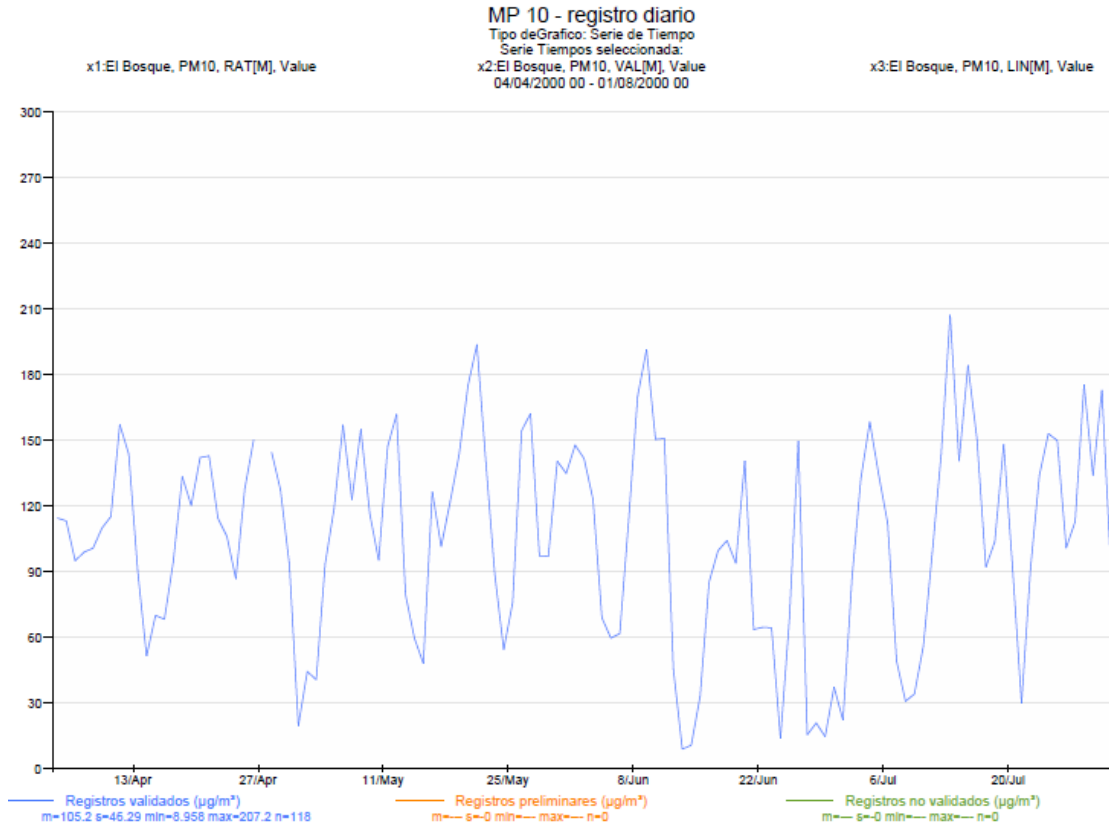
Fuente: SINCA.

**Figura 4.38 Promedio de la concentración mensual de MP<sub>10</sub> en el año 2000**



Fuente: SINCA.

**Figura 4.39 Promedio diario de concentración de MP<sub>10</sub> en el año 2000  
(04/04/2000 – 01/08/2000)**



Fuente: SINCA.

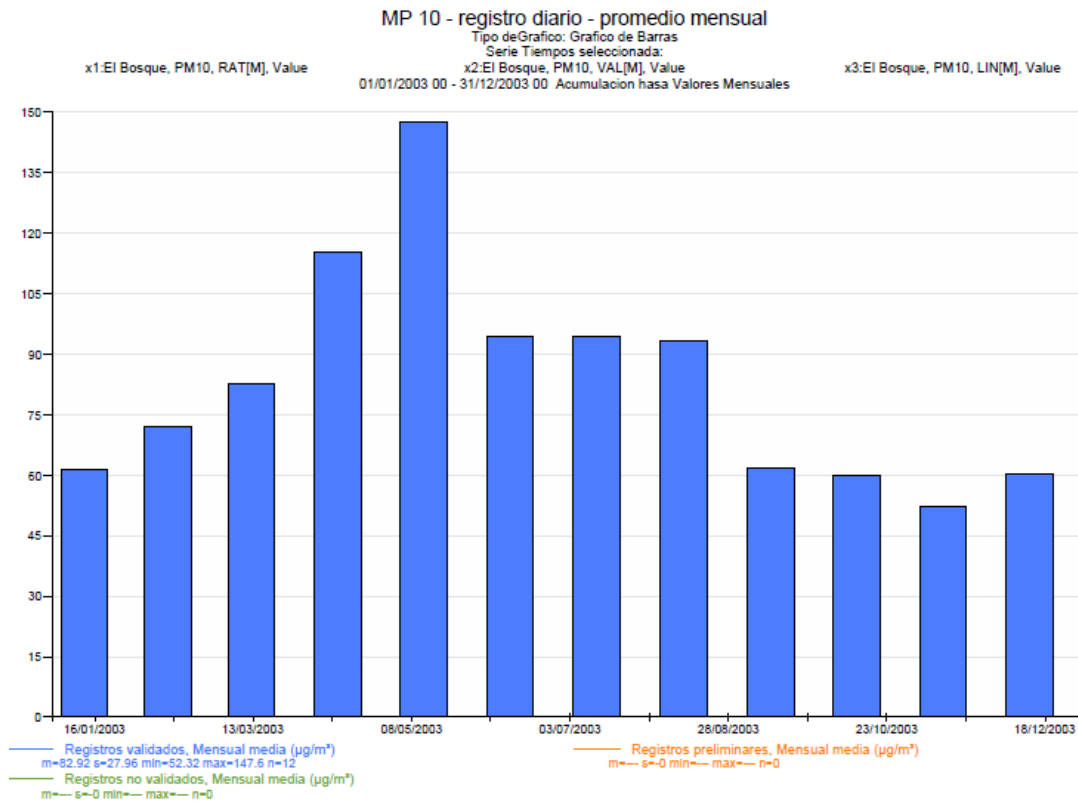
Como se muestra en la Figura 4.39, los niveles de concentración diario de MP<sub>10</sub> en el año 2000 fluctuaron entre los 30 y 210 µg/m<sup>3</sup>N, siendo en el mes de junio el nivel más alto de concentración para este contaminante, sobrepasando la normativa vigente.

#### 4.3.1.3.2 Año 2003

La concentración, como indica la Figura 4.40, en el mes de mayo llegó casi a los 150 µg/m<sup>3</sup>N, límite máximo para la concentración diaria para MP<sub>10</sub>, lo que es una

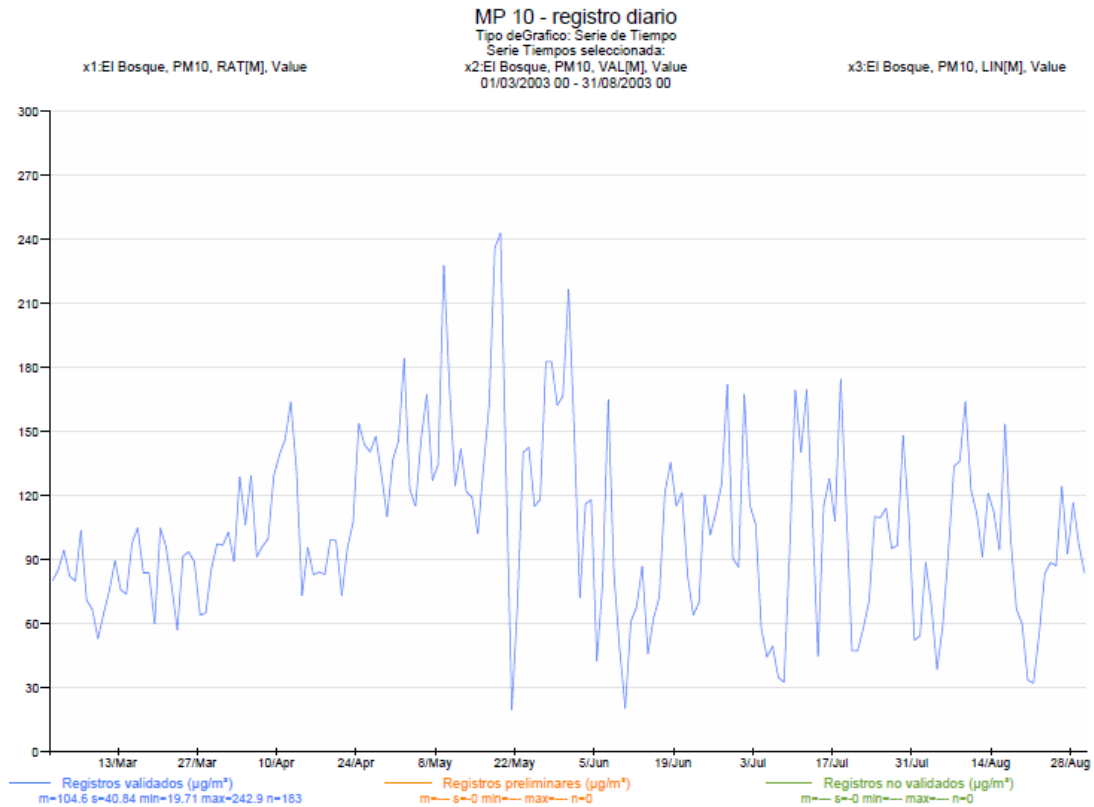
cifra totalmente alarmante por lo dañino para la salud, pudiendo haber provocado malestares respiratorios asociados a la exposición a este contaminante.

**Figura 4.40 Promedio de la concentración mensual de MP<sub>10</sub> en el año 2003**



Fuente: SINCA.

**Figura 4.41 Promedio de diario concentración de MP<sub>10</sub> en el año 2003  
(01/03/2003 – 31/08/2003)**



Fuente: SINCA.

Se puede visualizar, en la Figura 4.41, como en días de mayo la concentración superó los 200 µg/m<sup>3</sup>N de MP<sub>10</sub>, por lo que es probable que la población que estuvo expuesta a esta concentración diaria haya sufrido, o bien sufre, de síntomas respiratorios.

#### 4.3.1.3.3 Año 2011

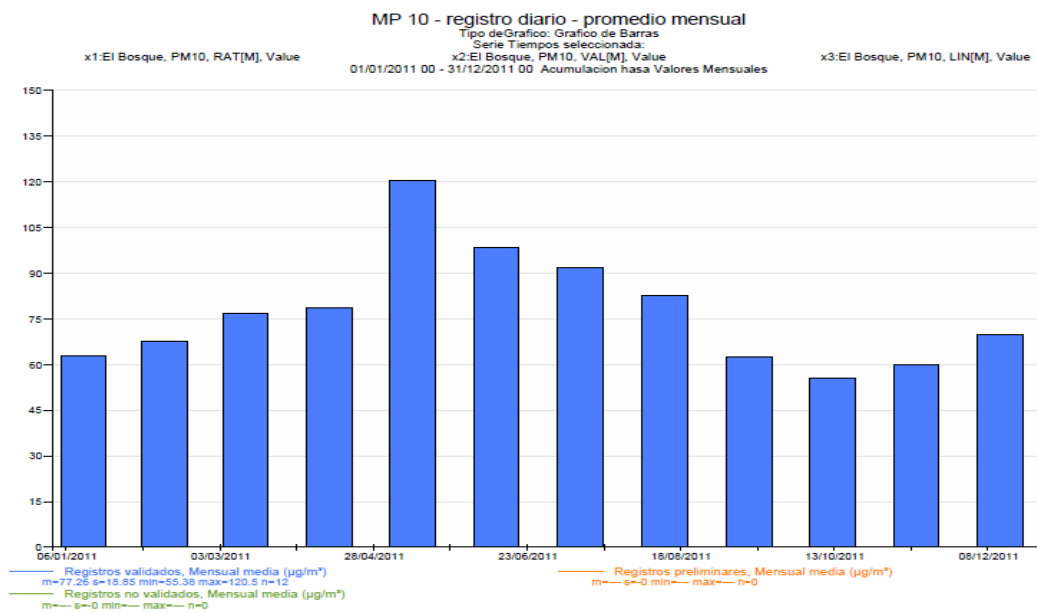
En lo que respecta al año 2011, las concentraciones se concentran similarmente a los años que se han analizado antes. En función de la disminución de la



temperatura en la zona de la estación de monitoreo, la concentración de MP<sub>10</sub> aumenta (ver Figura 4.42), donde se visualizó que en el mes de abril la concentración llegó a 120 µg/m<sup>3</sup>N, lo que no sobrepasa la normativa vigente.

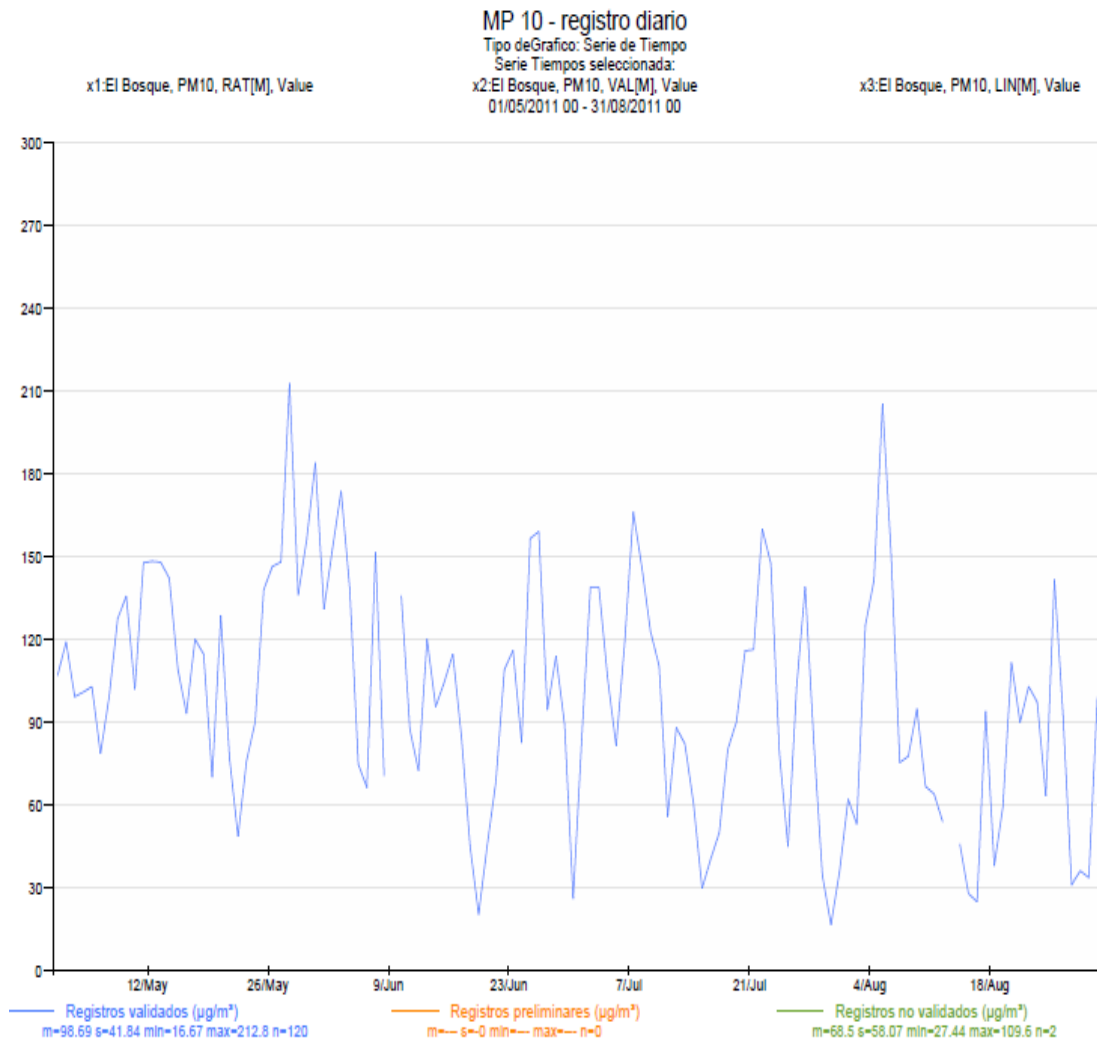
En la Figura 4.43 se muestra que, en la mayoría de estos días, la concentración fue más de lo permitida por la norma calidad del aire, haciendo hincapié en las malas prácticas y poca responsabilidad del gobierno de turno respecto del control de la calidad del aire.

**Figura 4.42 Promedio de la concentración mensual de MP<sub>10</sub> en el año 2011**



Fuente: SINCA.

**Figura 4.43 Promedio de diario concentración de MP<sub>10</sub> en el año 2011  
(01/05/2011 – 31/08/2011)**



Fuente: SINCA.

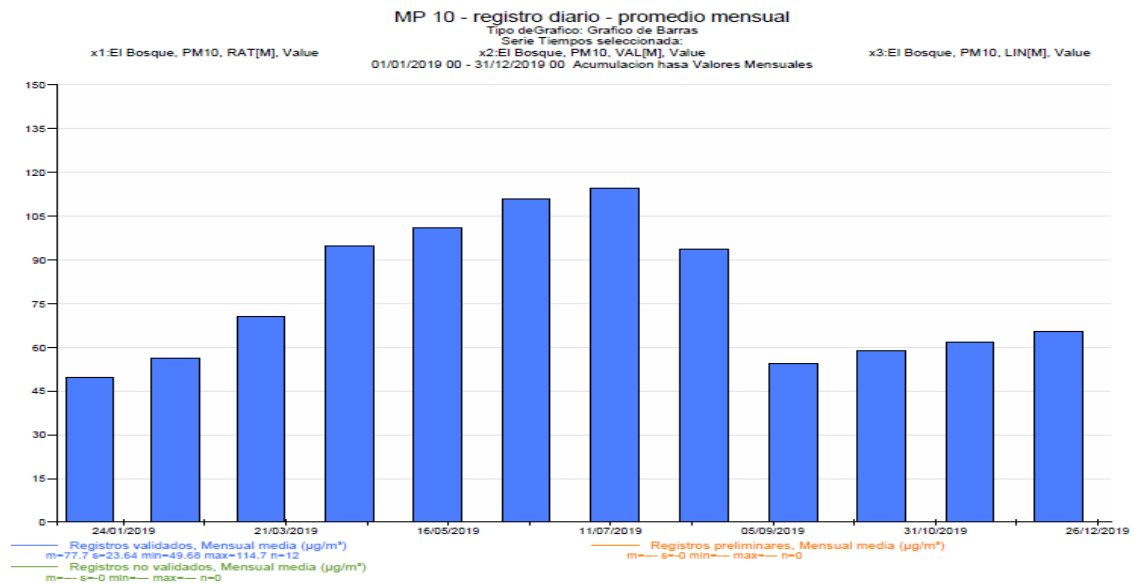
#### 4.3.1.3.4 Año 2019

Durante el Siglo XXI las concentraciones de MP<sub>10</sub>, como se pudo apreciar anteriormente, han estado sobre lo permitido, tanto anual como diariamente. Llama la atención que, durante el año 2019, cuando se inició la pandemia de covid-19,

los registros de los niveles de concentración hayan sido altos. Esto da a entender que, el MP<sub>10</sub> no es ocasionado por la rutina diaria de las personas, sino que dicho material particulado está directamente relacionado con el funcionamiento de empresas que utilizan combustibles fósiles, generando el exceso de polución en la zona.

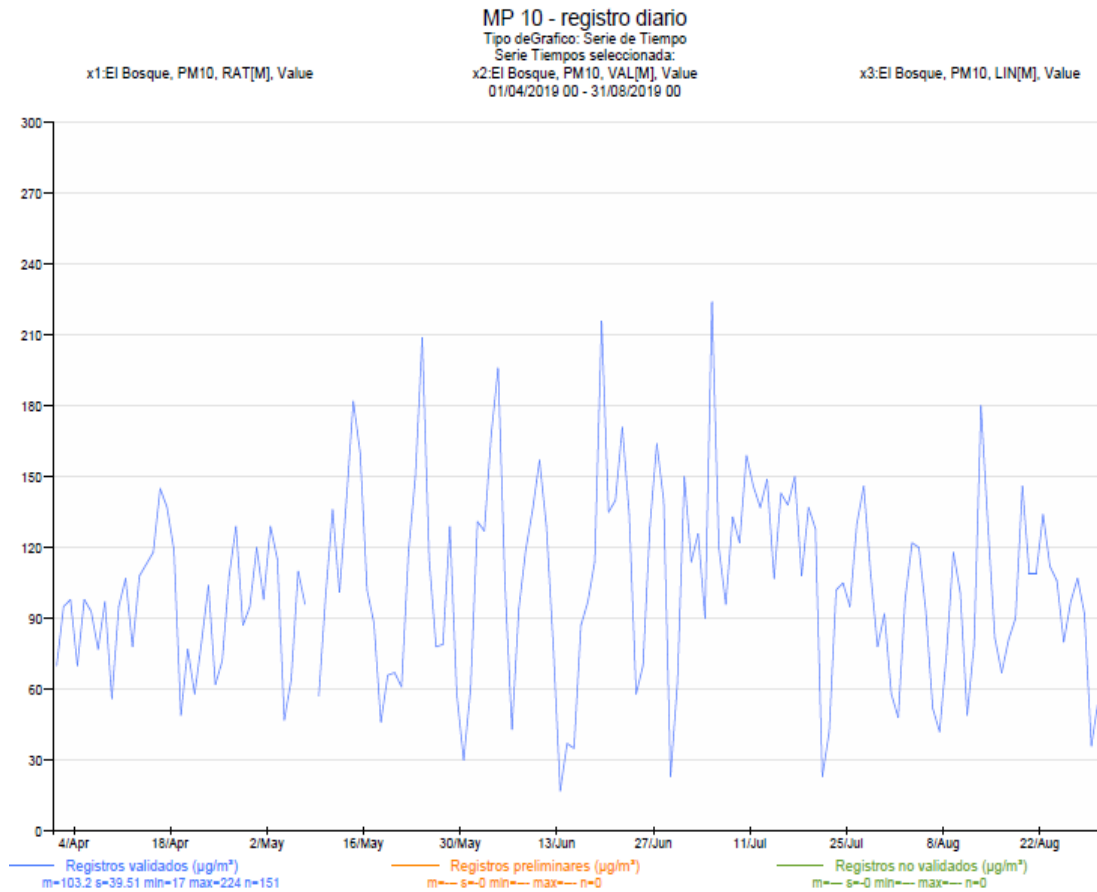
Tal y como se ve en la Figura 4.44, las concentraciones de MP<sub>10</sub> se centran en los mismos meses de invierno, superando lo permitido diario (150 µg/m<sup>3</sup>N), llegando incluso a los 200 µg/m<sup>3</sup>N de concentración diaria (ver Figura 4.45).

**Figura 4.44 Promedio de la concentración mensual de MP<sub>10</sub> en el año 2019**



Fuente: SINCA.

**Figura 4.45 Promedio de diario concentración de MP<sub>10</sub> en el año 2019  
(01/04/2019 – 31/08/2019)**



Fuente: SINCA

Entre los meses de mayo y julio (ver Figura 4.45), se puede observar el aumento de los niveles de concentración para MP<sub>10</sub>, los que alcanzan un máximo de 220 µg/m<sup>3</sup>N aproximadamente.

#### 4.3.1.3 Contaminante MP<sub>2,5</sub>

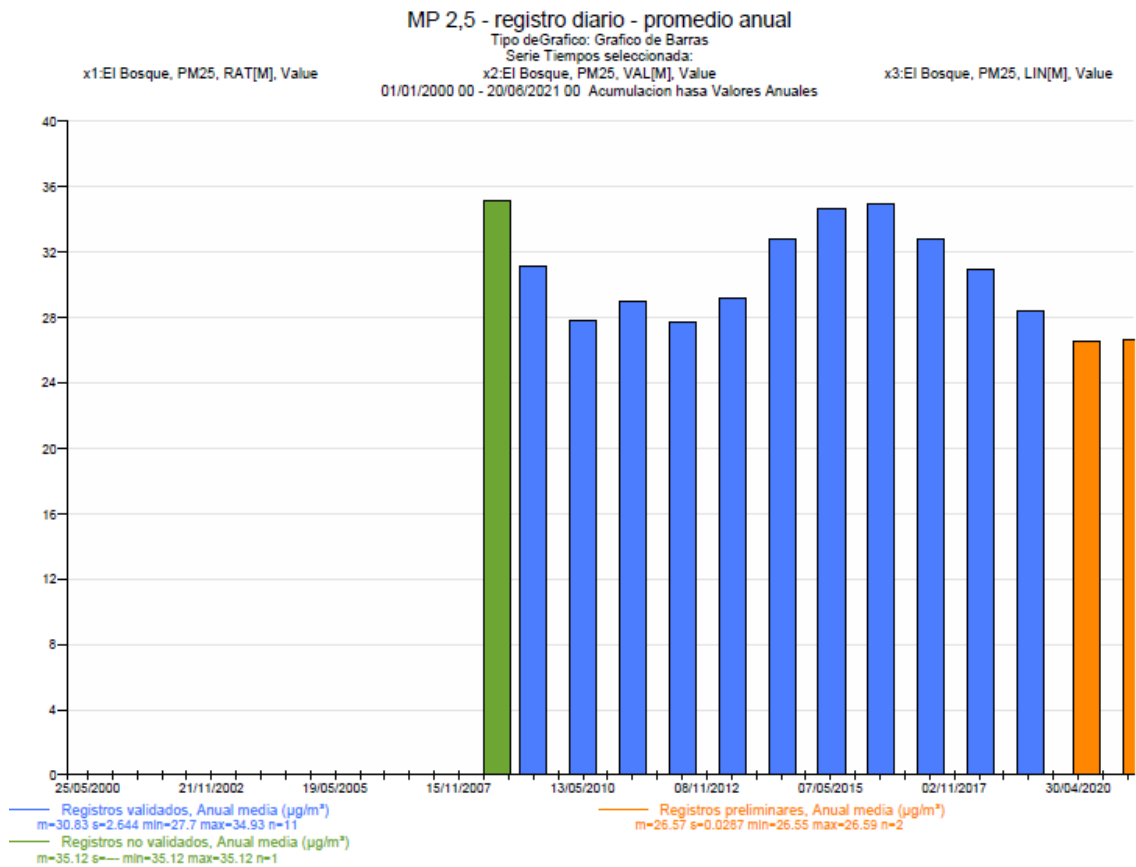
El material particulado de 2,5 micrones es el más complejo y dañino, ya que este contaminante, a diferencia del MP<sub>10</sub>, es mucho más pequeño y, por ende, pasa

directamente a los pulmones, generando infartos al miocardio y muertes prematuras por enfermedades respiratorias y cardiacas.

El MP<sub>2,5</sub>, durante el paso del tiempo, se mantuvo ligado al MP<sub>10</sub>, ya que los sistemas de vigilancia de calidad del aire producen datos basados en la medición de MP<sub>10</sub> utilizándolo como indicador de la exposición, debido a que este representa la cantidad de masa que ingresa al sistema respiratorio en el que incluye a las partículas grandes y pequeñas. (OMS, 2005) Por lo que se puede inferir, que la población se encuentra más expuesta a MP<sub>2,5</sub>, debido a que la normativa vigente se enfoca en la vigilancia del MP<sub>10</sub>, sin diferenciar más tamaños de partículas, siendo que a menor tamaño más peligroso para la salud.

Como se identificó en la Figura 4.46, desde el año 2009, recién se pudieron validar los registros del MP<sub>2,5</sub>. Asimismo, las concentraciones anuales superaron con creces la normativa de calidad del aire de este contaminante, ya que la normativa establece que la concentración diaria (24 horas) debe ser igual o superior a 50 µg/m<sup>3</sup> y la concentración anual debe ser igual o superior a 20 µg/m<sup>3</sup>.

**Figura 4.46 Promedio anual de las concentraciones de MP<sub>2,5</sub> desde el año 2000 al 2021 en la estación de monitoreo El Bosque**



Fuente: SINCA.

Desde el año 2009 en adelante, es que los registros de la estación de monitoreo El Bosque se comenzaron a validar los datos de MP<sub>2,5</sub>, lo que dificultó el análisis de los datos. Por otro lado, según la Tabla 4.6, desde el año 2009 en adelante, se sobrepasó la normativa vigente para este contaminante.

**Tabla 4.6 Registros de concentraciones en [ $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ ] de  $\text{MP}_{2,5}$  desde el año 2009 al 2021**

AÑO	2.009	2.010	2.011	2.012	2.013	2.014	2.015	2.016	2.017	2.018	2.019	2.020	2.021
RV	31	28	29	28	29	33	35	35	33	31	28		
RP												27	27

Fuente: SINCA

RV: Registros Válidos

RP: Registros Preliminares

En resumen, de los contaminantes visualizados, se identificó que la creciente en enfermedades respiratorias (ver Anexo 3), va directamente causado por los contaminantes  $\text{MP}_{2,5}$  y  $\text{MP}_{10}$ , ya que tanto sus concentraciones anuales como diarias (24 horas) superaron la normativa de calidad del aire.

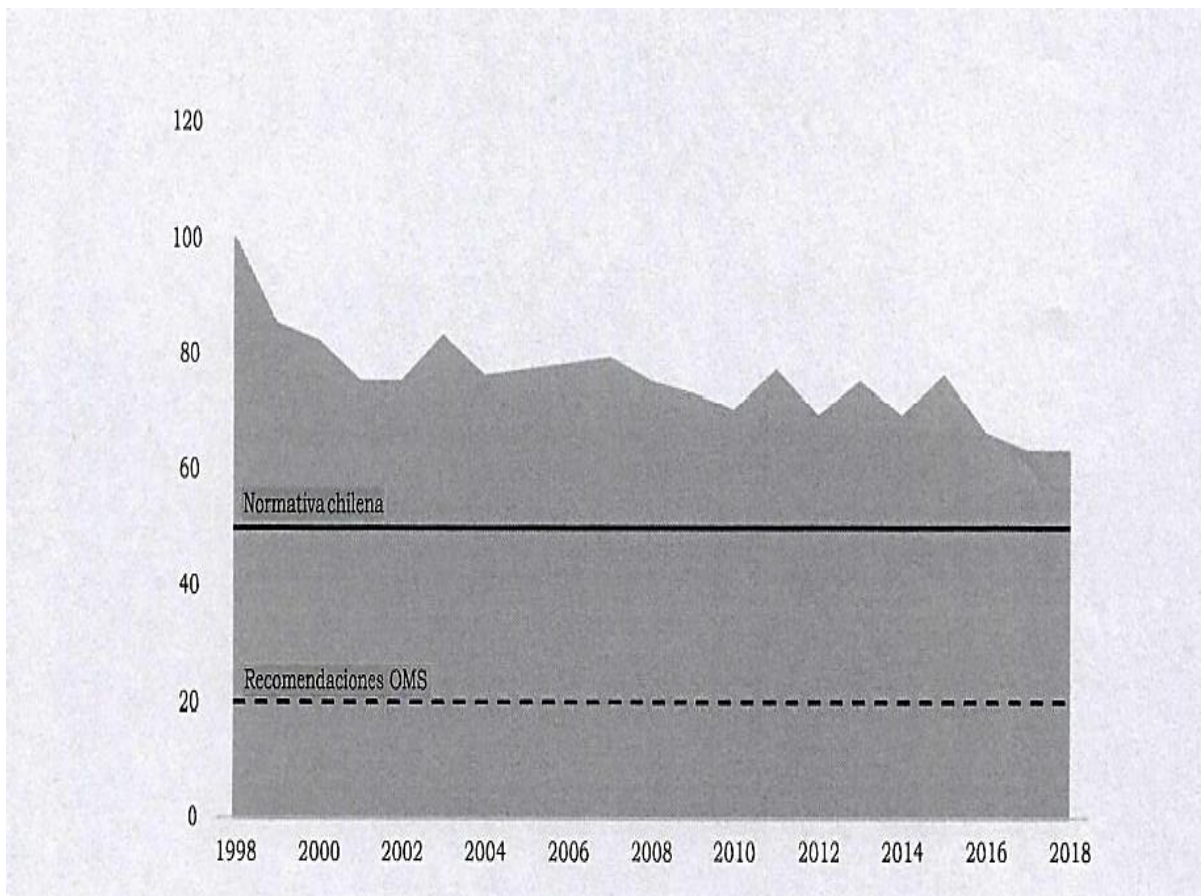
#### **4.3.2 Análisis de informes de calidad del aire y el control de emisiones atmosféricas en la Villa Las Margaritas**

A través el tiempo, se ha podido ir evidenciando el impacto de las emisiones atmosféricas en la salud de las personas, a través de diversos estudios realizados en zonas altamente contaminadas, como lo es la zona donde se ubica la Villa Las Margaritas, entre las comunas de San Bernardo y el Bosque, definida como saturada (ver Anexo 3), debido al amplio funcionamiento de industrias y alto flujo de camiones transitando.

En la Figura 4.47, se puede evidenciar que, la normativa chilena vigente está por encima de los límites recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), los cuales están basados en investigaciones epidemiológicas actualizadas que demuestran el daño causado en la salud de las personas expuestas a concentraciones menores a las que establece la normativa vigente en Chile, tanto en sus concentraciones diarias y anuales, como se puede ver en

la Figura 4.48, la cual demuestra que los  $MP_{2,5}$  emitidos durante 2009-2018 sobrepasan la normativa vigente.

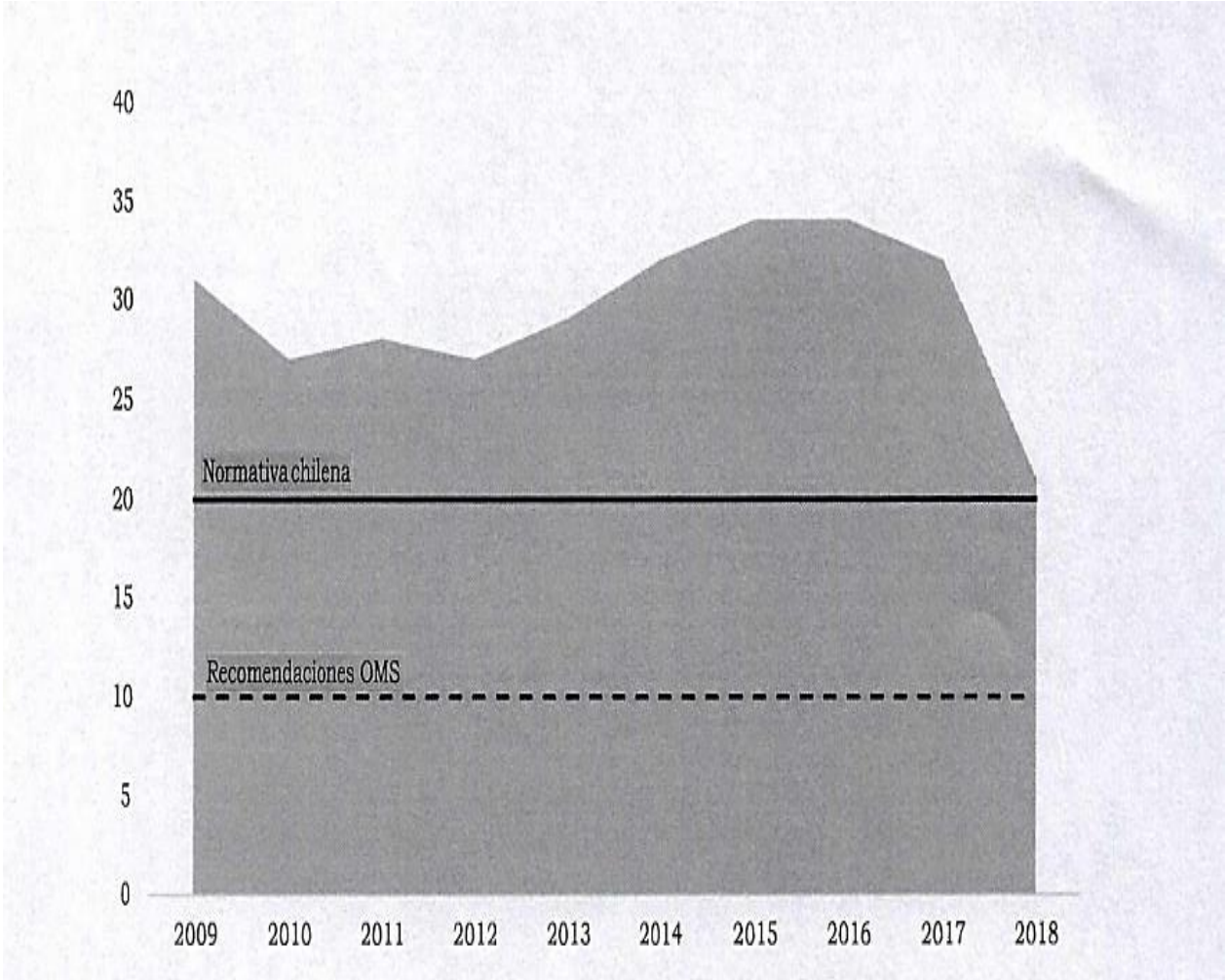
**Figura 4.47 Niveles anuales de  $MP_{10}$  en la comuna de El Bosque, entre los años 1998 y 2018**



Fuente: ORD N°300/2019, en base a información histórica del Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire, 2019.



**Figura 4.48 Niveles anuales de MP<sub>2,5</sub> en la comuna de El Bosque, entre los años 2009 y 2018**



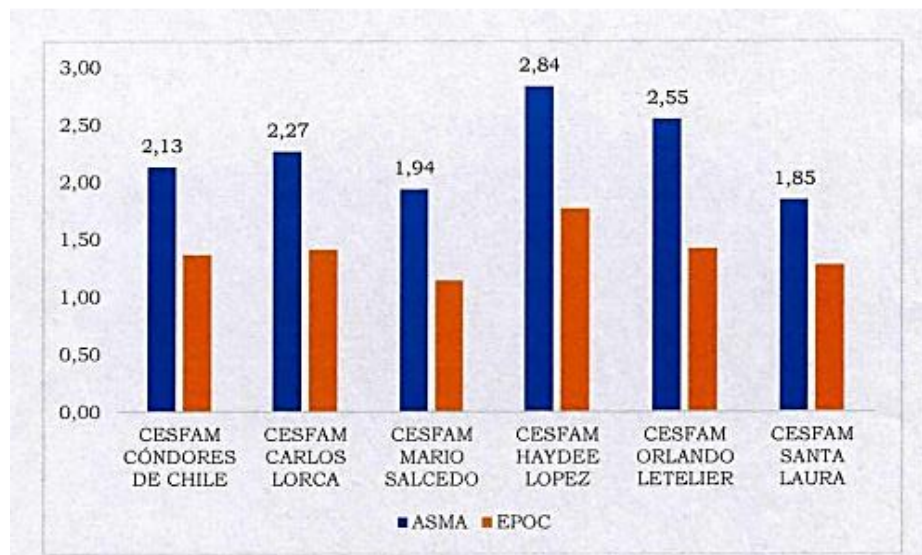
Fuente: ORD N°300/2019, en base a información histórica del Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire, 2019.

### 4.3.3 Análisis de informes de salud de la Villa Las Margaritas

Mediante el análisis del Informe de Salud, elaborado por la Dirección de Salud de la Comuna de El Bosque (ver Anexo 3), se pretende profundizar sobre la evolución de la salud de la Villa Las Margaritas, en el último siglo, para identificar si las enfermedades aumentaron o disminuyeron en el tiempo, debido a la exposición a altas concentraciones de material particulado y otros contaminantes que se encuentran en el ambiente, producto de las plantas cementeras.

En la Figura 4.49 se puede visualizar la cantidad de personas diagnosticadas con asma y EPOC, siendo el asma la enfermedad que más afecta a la población en el CESFAM Haydee López, mientras que el EPOC se mantiene más bien constante en los diferentes CESFAM (Centro de Salud Familiar).

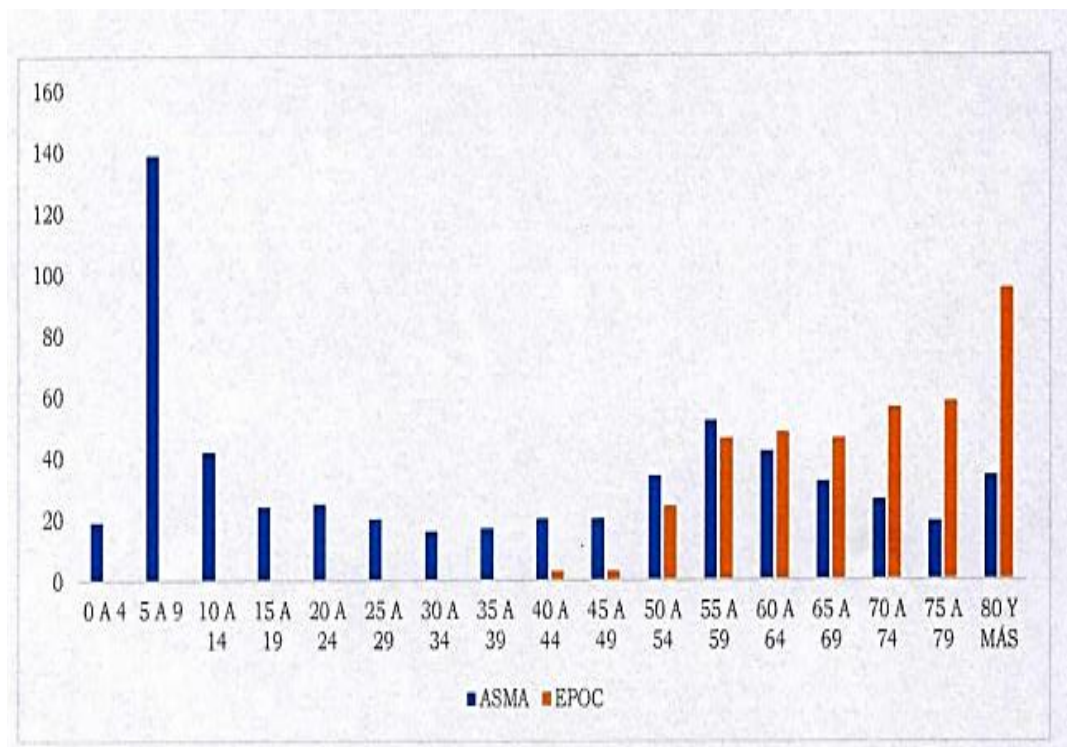
**Figura 4.49 Número de personas con diagnóstico de asma y EPOC cada 1.000 habitantes, en la comuna de El Bosque año 2017**



Fuente: Elaborado por Municipalidad de El Bosque, (Departamento de Estadísticas e Información del Ministerio de Salud, 2019).

Según la Figura 4.49, el asma es la enfermedad que más afecta a la población de los alrededores a las plantas cementeras, la cual se va deteriorando con el tiempo, por la exposición constante a los contaminantes atmosféricos.

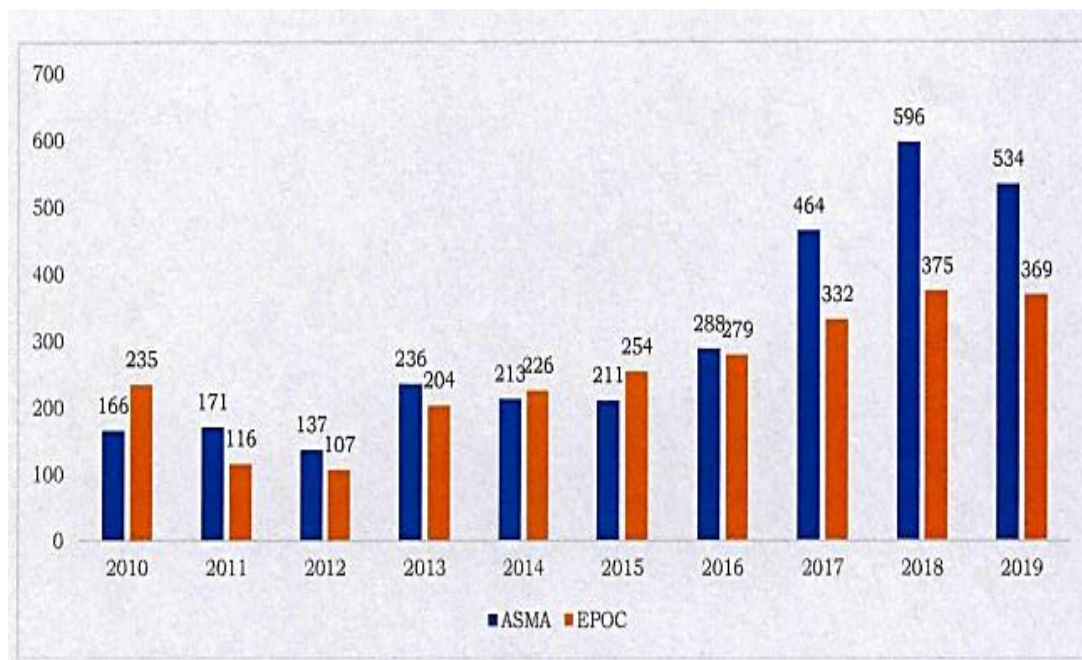
**Figura 4.50 Número de personas en control por asma y EPOC en salas IRA-ERA del CESFAM Santa Laura, distribuidos por grupos de edad, año 2019**



Fuente: Elaborado por Municipalidad de El Bosque, (Departamento de Estadísticas e Información del Ministerio de Salud, 2019).

En la zona del CESFAM (Centro de Salud Familiar) Santa Laura, los principales diagnosticados por asma son niños (as) de 5 a 9 años mayoritariamente, mientras que las personas diagnosticadas con EPOC son adultos mayores de 50 años, tal como se observa en la Figura 4.50.

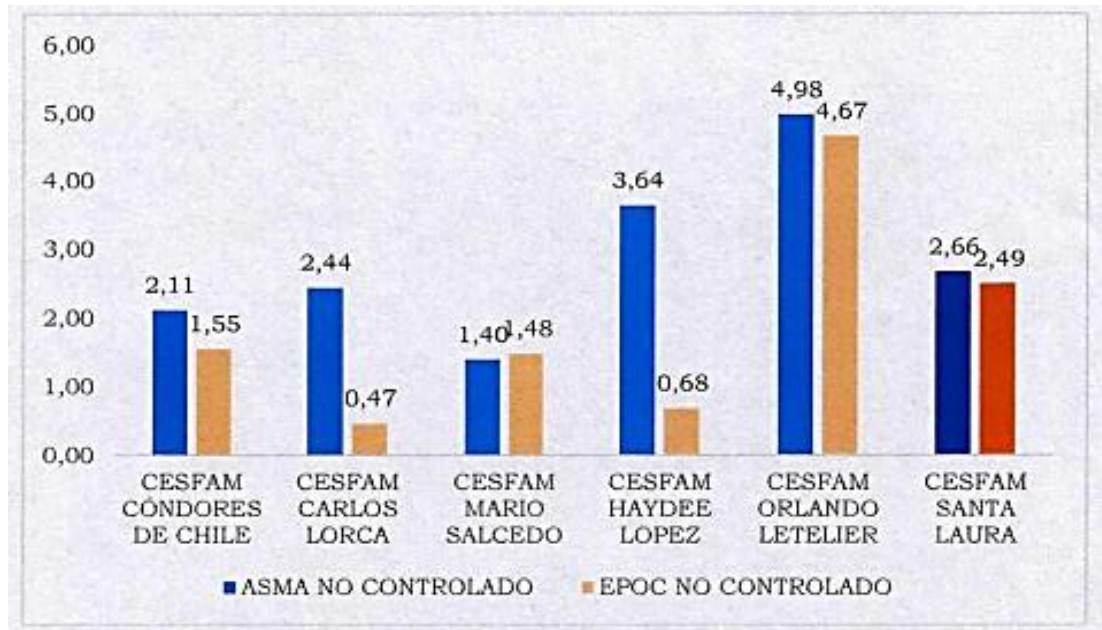
**Figura 4.51 Número de personas diagnosticadas de asma y EPOC en control en sala IRA-ERA del CESFAM Santa Laura, entre los años 2010-2019**



Fuente: Elaborado por Municipalidad de El Bosque, (Departamento de Estadísticas e Información del Ministerio de Salud, 2020).

Como se muestra en la Figura 4.51, a medida que pasan los años, la cantidad de personas diagnosticadas con asma en el área del CESFAM Santa Laura y que son controladas aumenta lentamente, en cambio para el EPOC las cifras aumentan rápidamente desde el año 2017 hasta 2019.

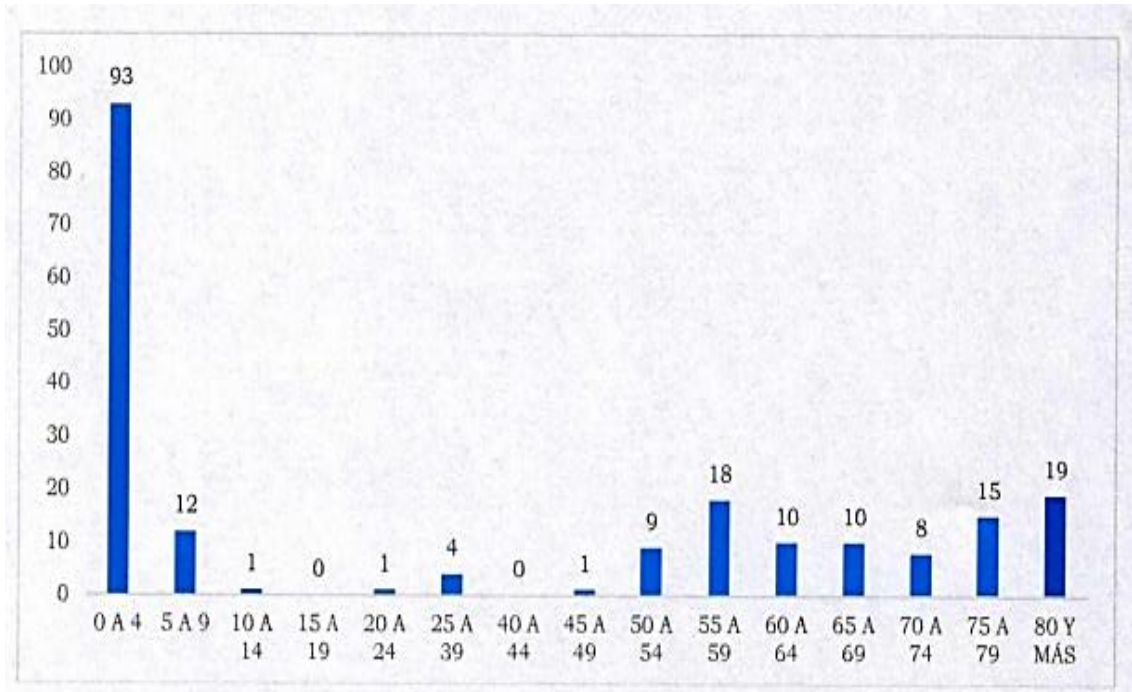
**Figura 4.52 Porcentaje de personas con diagnóstico de asma y EPOC no controlado en salas IRA-ERA de El Bosque, año 2019**



Fuente: Elaborado por la Municipalidad del Bosque, (Departamento de Estadísticas e Información del Ministerio de Salud, 2020).

El CESFAM Santa Laura posee cifras elevadas de personas con enfermedades respiratorias no controladas, es decir, aquellas personas con asma y EPOC que presentan síntomas respiratorios frecuentes a pesar de encontrarse bajo tratamiento médico, como se muestra en la Figura 4.52.

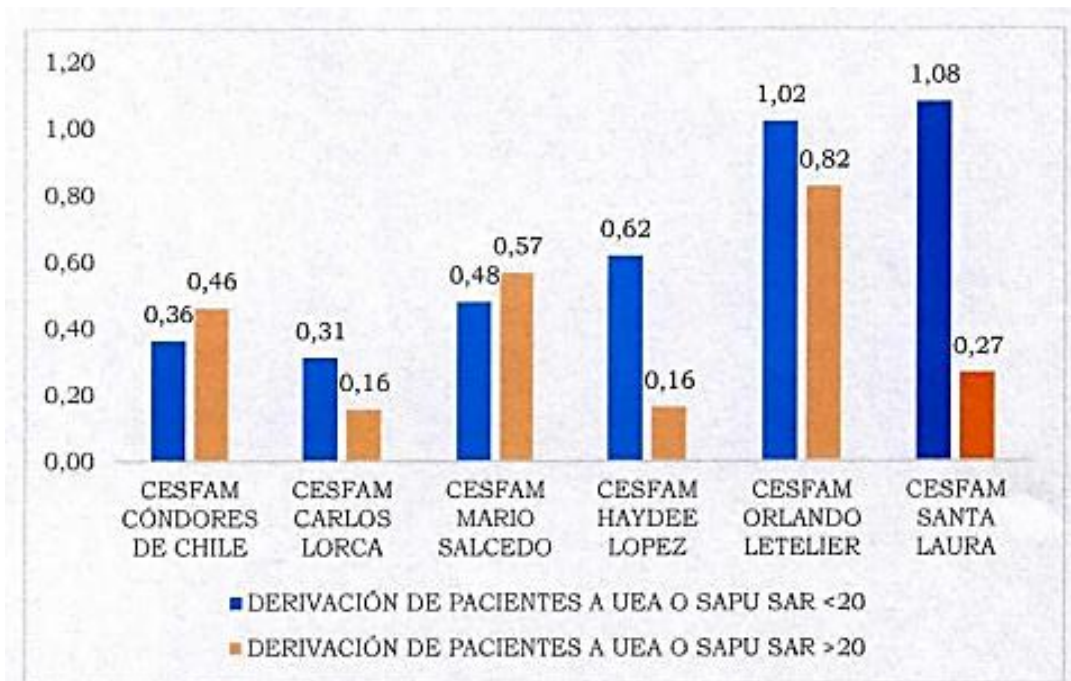
**Figura 4.53 Número de hospitalizaciones abreviadas respiratorias distribuidas por grupos de edad en el CESFAM Santa Laura, año 2019**



Fuente: Elaborado por la Municipalidad del Bosque, (Departamento de Estadísticas e Información del Ministerio de Salud, 2020).

Se puede observar, de la Figura 4.53, que el CESFAM Santa Laura posee un alto número de hospitalizaciones de niños entre 0 y 4 años, siendo estos los más vulnerables de contraer enfermedades respiratorias, por lo que corren gran riesgo al estar expuestos a los altos niveles de contaminantes atmosféricos de la zona.

**Figura 4.54 Número de derivaciones a unidades de emergencia hospitalaria (UEA) o servicios de atención primaria de urgencia (SAPU) debido a causa respiratorias cada 1.000 habitantes, en menores y mayores de 20 años, en la comuna de El Bosque, año 2019**



Fuente: Elaborado por la Municipalidad del Bosque, (Departamento de Estadísticas e Información del Ministerio de Salud, 2020).

Como se aprecia en la Figura 4.54, el CESFAM (Centro de Salud Familiar) Santa Laura produce la mayor cantidad de derivaciones a unidades de emergencia hospitalaria (UEA) y servicios de atención primaria de urgencia (SAPU), por causas de enfermedades respiratorias, las que afectan principalmente a los niños.

#### **4.3.4 Resultados de la Encuesta a la Población de Villa Las Margaritas**

La encuesta de salud SF-36 (ver Anexo 1) consta de 36 preguntas del RAND (Versión 1.0) y aborda ocho conceptos de salud: Función física, Rol físico, Dolor corporal, Salud general, Vitalidad, Función social, Rol emocional y Salud mental. Además de incluir un ítem de transición, donde se pregunta sobre el cambio en el estado de salud tomando como referencia el año anterior.

La utilización de este tipo de cuestionarios estandarizados, aplicados a muestras representativas de una determinada población, permite la generación de valores o normas poblacionales que se emplean para estimar la salud percibida de la población y su evolución en el tiempo, y sirven asimismo de referencia para la comparación de las diferencias en el estado de salud (calidad de vida) según las patologías o tratamientos y/o monitorizar procesos de tratamiento. (Elola, 1998)

##### **4.3.4.1 Metodología de la Encuesta**

La población objeto está compuesta por las personas que se encuentran expuestas a contaminantes atmosféricos, provenientes de las plantas cementeras, en la Villa Las Margaritas (ver Anexo 2). Debido a la pandemia de covid-19, que se vive actualmente, fue imposible recurrir a los hogares presencialmente para la realización de la encuesta, pero se lograron obtener los resultados mediante su aplicación vía web, al jefe de hogar de las familias, tomando sus respuestas como representativa por vivienda, las cuales, según censo realizado el año 2007, la cantidad de personas por hogar corresponde a un 3,1, por lo que la encuesta asumirá que una vivienda la componen 3 personas. Por lo tanto, como la muestra obtenida fue de 16 encuestas, o bien 16 hogares, la muestra final correspondería de 48 personas, de las cuales resultaron los siguientes datos que se muestran en la Tabla 4.7.



Tabla 4.7 Resultados de la encuesta de salud SF-36

RESULTADOS																	
36 PREGUNTAS																	
16 ENCUESTADOS																	
PREGUNTAS	ENCUESTADOS																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	D	D	C	E	D	D	C	D	E	B	D	C	B	C	E	D	PERCEPCION DE SU SALUD
2	E	D	C	E	C	D	C	D	E	C	C	C	C	D	E	D	
3	A	B	B	A	B	A	B	B	A	C	B	C	C	B	A	B	
4	A	B	C	A	B	A	C	C	A	C	C	C	C	C	B	B	
5	A	B	C	A	B	A	C	C	A	C	C	C	C	C	B	C	LIMITACIONES PARA REALIZAR ACTIVIDADES DIARIAS
6	A	A	C	A	B	A	B	A	A	C	C	C	C	B	A	B	
7	A	A	C	A	B	A	B	C	A	C	C	C	C	B	B	B	
8	A	A	B	A	B	A	B	B	A	B	C	C	C	B	B	B	
9	A	B	B	A	A	A	A	B	A	A	A	B	C	A	A	A	
10	A	B	B	A	A	A	B	B	A	A	A	B	C	B	A	B	
11	A	B	C	A	B	B	C	C	A	C	C	C	C	C	B	C	
12	A	C	C	A	B	B	C	C	C	C	C	C	C	C	B	B	
13	A	A	B	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	A	DIFICULTADES PARA REALIZAR ACTIVIDADES FISICAS O COTIDIANAS LAS ULTIMAS 4 SEMANAS
14	A	A	B	A	A	A	A	A	A	B	B	A	B	B	A	A	
15	A	A	B	A	A	A	B	B	A	B	B	B	B	B	B	A	
16	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B	A	A	A	
17	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B	B	B	B	A	
18	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	A	A	
19	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	A	A	A	
20	D	C	C	D	B	D	C	D	C	B	C	B	B	C	D	D	
21	E	D	D	F	D	E	C	E	F	C	D	C	B	D	F	E	
22	E	C	C	E	C	D	C	D	E	B	C	C	B	C	E	D	
23	F	D	D	F	D	E	C	D	F	C	D	C	C	D	E	D	
24	A	C	C	A	C	B	D	B	A	C	B	D	D	D	A	C	
25	C	D	C	A	C	C	D	B	B	D	C	D	E	D	B	C	
26	F	D	D	F	D	D	D	D	E	C	D	D	C	D	E	D	PREGUNTAS REFERENTES ALESTADO DE ANIMO
27	F	D	D	E	D	E	D	D	E	C	D	C	C	D	E	D	
28	A	C	C	B	C	C	D	B	A	C	C	D	D	C	B	C	
29	A	B	C	B	C	B	C	B	A	C	C	C	D	D	B	C	
30	F	E	D	F	D	E	D	D	F	C	D	C	C	D	D	D	
31	A	A	C	A	C	B	C	B	A	C	C	C	D	B	A	B	
32	D	C	D	C	D	B	D	B	B	D	D	D	E	D	B	C	
33	A	B	B	A	B	A	B	A	A	C	A	B	D	B	A	B	PERCEPCION DE COMO SERA SU SALUD
34	E	D	D	E	D	E	D	E	E	B	E	D	B	D	E	D	
35	A	B	B	A	B	A	B	A	A	A	A	B	A	A	A	A	
36	E	D	D	E	D	E	D	E	E	D	E	E	D	E	E	E	

Fuente: Elaboración propia.

Después de aplicar la encuesta se obtuvieron los siguientes resultados:

*Pregunta 1 a la 2:* Los resultados indican que, los encuestados manifiestan una salud de regular a peor desde hace un año atrás.

*Pregunta 3 a la 12:* Los resultados indican que, la mayoría de los encuestados se siente limitado para hacer actividades que requieren de un gran esfuerzo.

*Pregunta 13 a la 22:* Los resultados indican que, durante las últimas 4 semanas los encuestados manifiestan dificultad para realizar sus actividades cotidianas o de trabajo debido a problemas emocionales.

*Pregunta 23 a la 32:* Los encuestados manifiestan que, en las 4 últimas semanas muchas veces o algunas veces se han sentido agotados, desanimados o cansados emocionalmente.

*Pregunta 33 a la 36:* Los encuestados manifiestan el miedo indicando que sienten que su salud va a empeorar.

A partir de la encuesta aplicada se observa que, la población afectada ve deteriorada su calidad de vida, debido a la mala calidad del aire que respiran, y por el polvo en suspensión que se aprecia dentro de sus viviendas, afectando su estado de salud en todo ámbito, lo que se refleja en desánimo, poca motivación para realizar sus actividades cotidianas, interfiriendo en su vida diaria, debido a que no solamente existe polución en el ambiente sino que también hay ruido, por el procesamiento de los áridos en las plantas cementeras, como por el tránsito de los camiones que impactan la vialidad y visual paisajística de la zona, la que carece de áreas verdes.

## **4.5 Medidas de Mitigación de los Impactos Negativos de las Plantas Cementeras para la Villa Las Margaritas de San Bernardo**

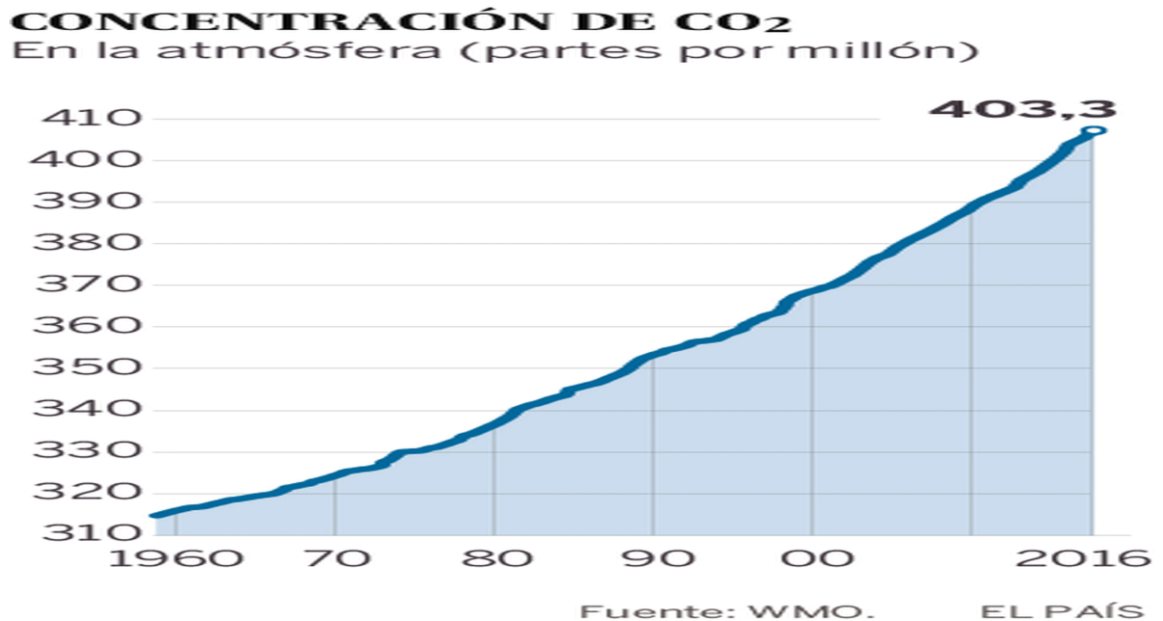
### **4.5.1 Propuesta de implementación de nuevas tecnologías y equipos**

#### **4.5.1.1 Disminución de Emisiones Atmosféricas Mediante el Uso de Cementos Híbridos**

Debido a la creciente demanda de cemento en el mundo y, por ende, de las emisiones de dióxido de carbono que conlleva su producción, se ha planteado la búsqueda de materiales cementantes alternativos al cemento Portland, que cumplan o mejoren su desempeño.

La organización meteorológica mundial (OMM) registra un récord en la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmosfera para el año 2016, donde se alcanzaron las 403,3 partes por millón (ppm), como indica la Figura 4.55, superando de nuevo la barrera de los 400 ppm registrados en el año 2015. Además, advierte de un "aumento peligroso de la temperatura global".

**Figura 4.55 Concentración de CO<sub>2</sub> en la atmosfera (ppm)**



Fuente: [https://elpais.com/elpais/2017/10/30/ciencia/1509359304\\_347557.html](https://elpais.com/elpais/2017/10/30/ciencia/1509359304_347557.html)

Esta situación es catastrófica, debido a que los animales marinos no se adaptan a altas temperaturas por lo que algunos de ellos se han ido muriendo, como también las plantas marinas. En los últimos años se han estudiado los gases de efecto invernadero con el fin de disminuirlos, para mitigar el calentamiento global mediante nuevas tecnologías. Actualmente, la industria cementera se encuentra como uno de los mayores responsables individuales de las emisiones de CO<sub>2</sub>, con un aporte de aproximadamente un 5% de estas emisiones a nivel global (Yañez, 2019), debido a que el *clinker*, principal compuesto del cemento portland, consume elevadas cantidades de energía, siendo el uso de combustibles fósiles, el principal proceso donde se producen las emisiones de contaminantes a la atmósfera, convirtiéndolo en uno de los materiales que mayor huella de carbono deja al ser producido. Es por esto, que se han buscado reemplazos del *clinker*, como la adición de materiales que puedan crear nuevos cementos híbridos.

Este es el caso de las cenizas volantes, proveniente de la combustión del carbón de las termoeléctricas, destacadas por tener propiedades químicas ideales para ser empleada como sustitución del *clinker* en la fabricación de cementos mixtos. La utilización de éstas también aporta con el medio ambiente, debido a que se reutilizan residuos de las centrales termoeléctricas que no tienen una buena disposición final, terminando en un centro de acopio.

Por otro lado, las cenizas volantes (CV) en la fabricación de material cementante, contribuyen a una disminución en las emisiones de CO<sub>2</sub>, ya que en el mundo se producen anualmente, aproximadamente, 2000 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> al producir 2000 millones de toneladas de cemento. (Portillo, 2012) Es por esto que se han realizado estudios para la reutilización de las cenizas volantes, para dar solución al problema existente con la disposición final de los residuos, para ir en camino de empresas sustentables.

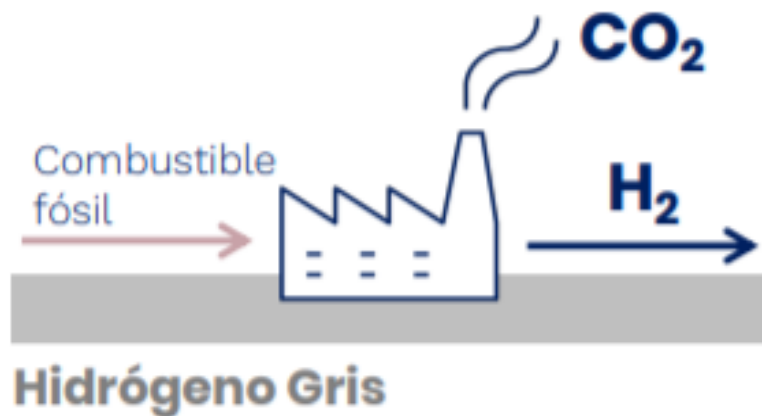
#### 4.5.1.2 Utilización de Combustibles Alternativos - Hidrógeno Verde

Chile se encuentra en una etapa de investigación para la futura producción del hidrógeno verde, como el nuevo combustible ecológico, debido a que el desarrollo de energías renovables como la solar, conlleva a una gran oportunidad para producirlo.

El hidrógeno es uno de los elementos químicos más abundantes del mundo, pero, a su vez, muy difícil de obtener, al no encontrarse de forma aislada en la naturaleza y por el alto riesgo que conlleva su manipulación, por ser altamente inflamable. Debido a ello es que, históricamente, se ha producido usando combustibles fósiles (ver Figura 4.50), recursos altamente contaminantes para el medio ambiente, por las altas emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que se

emiten en su producción (SOLCOR Chile, 2020), por lo que existen diferentes formas de obtener este combustible, y que dependerá de la materia prima utilizada. En este caso al obtenerse de los combustibles fósiles, se le denomina hidrógeno negro o gris (ver Figura 4.56). También se puede extraer de los yacimientos de gas natural, llamado hidrógeno azul y, por último, está el hidrógeno verde (ver Figura 4.57), que se genera a partir de agua y energías renovables, mediante un proceso llamado electrólisis, donde se rompe la molécula de agua, separando el hidrógeno del oxígeno, lo que conlleva al gasto de grandes cantidades de energía, la cual se obtiene a partir de fuentes renovables como la energía solar y la eólica.

**Figura 4.56 Producción de hidrógeno gris**



Fuente: [https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia\\_nacional\\_de\\_hidrogeno\\_verde\\_-\\_chile.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf)

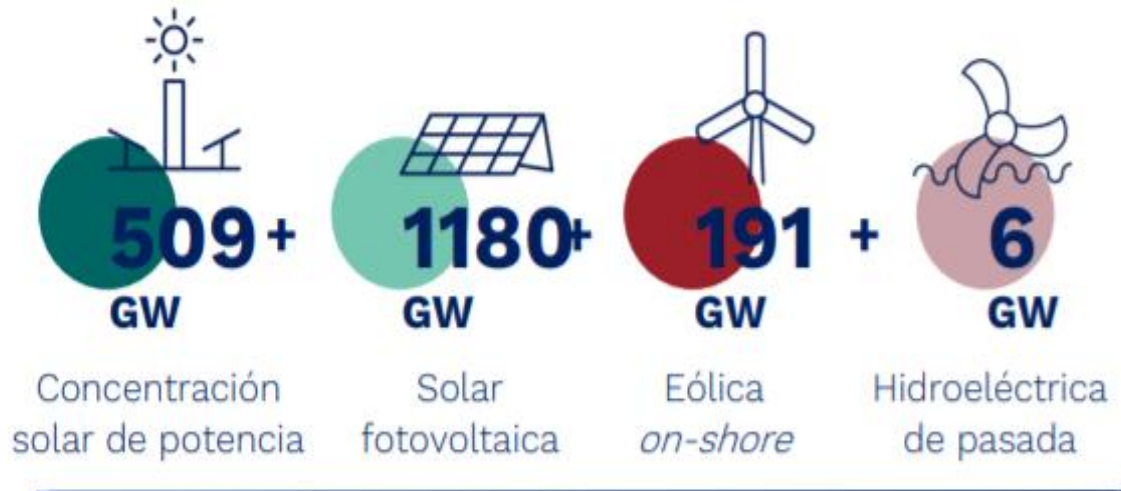
**Figura 4.57 Producción de hidrógeno verde**



Fuente: [https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia\\_nacional\\_de\\_hidrogeno\\_verde\\_-\\_chile.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf)

El país tiene una gran ventaja en el sector, debido a que dispone de cinco regiones, en el norte, con la mejor radiación solar a nivel mundial, así como en el extremo sur, en la Patagonia, se cuenta con los mejores vientos, siendo un excelente potencial eólico. Todo esto hace que la generación de estas energías para Chile sea muy barata, siendo el insumo principal para producir el hidrógeno verde (ver Figura 4.58). (SOLCOR Chile, 2020). Es por esto que, desde el gobierno se han estado impulsando diferentes investigaciones para producir este combustible cero emisiones, lo que lo convertiría en pionero, pudiendo exportar a otros continentes, además de utilizarlo en los diferentes procesos productivos, como la minería, que está estrechamente ligada a las plantas cementeras, debido a que parte de la materia prima utilizada para la producción del cemento, proviene de la minería.

Figura 4.58 Cantidad de energía renovable disponible en Chile



**1.800+ GW**

**de potencial energético renovable  
que equivalen a 70 veces la demanda de Chile**

Fuente: [https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia\\_nacional\\_de\\_hidrogeno\\_verde\\_-\\_chile.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf)



## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

Se logró evidenciar y verificar el aumento de las enfermedades respiratorias, debido a la exposición a contaminantes atmosféricos provenientes de las plantas cementeras en la Villa Las Margaritas, mediante el análisis de informes de salud emitidos por las Municipalidades involucradas (ver Anexos 2 y 3), en donde se relaciona directamente a las emisiones de estas, con el aumento de las enfermedades respiratorias en la población del sector antes mencionado.

Debido a que la normativa vigente establece el límite de sus contaminantes, por sobre las recomendaciones de la OMS, la cual advierte sobre los riesgos de la exposición a material particulado, estableciendo que, tanto en las ciudades como en las zonas rurales, estos contaminantes fueron los causantes de 4,2 millones de muertes prematuras en todo el mundo por año; provocando enfermedades cardiovasculares y respiratorias, y cáncer (OMS, 2018).

En la actualidad, el principal problema en la industria cementera es la constante emisión de gases de efecto invernadero, las emisiones de CO<sub>2</sub> en la producción de *clinker* se generan durante la descomposición de la piedra caliza y otros, y por la quema de combustibles fósiles, realizada para que se alcancen las altas temperaturas de los hornos. En términos generales, se producen 0,8 toneladas de dióxido de carbono por cada tonelada de cemento (Belmonte et al, 2015).

Se logró evidenciar que las empresas cementeras no están realizando las mantenciones adecuadas a los equipos y maquinarias, ni implementando medidas para la captación y control de material particulado dentro de la zona de influencia

Se han realizado diferentes investigaciones con el fin de reemplazar el *clinker* por otros componentes que aporten más durabilidad en el tiempo, resistencia y que disminuya las emisiones de CO<sub>2</sub> sin grandes inversiones. Esta es una nueva oportunidad para la disminución de las emisiones en la producción de cemento, en donde se reemplaza el *clinker* por estos residuos, otorgándole propiedades de durabilidad y resistencia al cemento híbrido. Esta solución a las emisiones atmosféricas es un gran avance para ir en camino hacia sustentabilidad, y economía circular.

Según la encuesta de salud realizada a pobladores de la Villa las Margaritas, se pudo verificar que, las personas expuestas a contaminantes atmosféricos tienen una mala calidad de vida, puesto que las enfermedades que contraen les limitan a realizar sus actividades cotidianas de manera normal, ejerciendo un mayor esfuerzo para realizar los quehaceres del hogar, lo que conlleva a un desgaste físico y emocional.

Del análisis de los informes de salud presentados por la Municipalidad de El Bosque, se pudo evidenciar que en la zona del CESFAM Santa Laura existen personas con asma y EPOC no controlados, es decir, que sufren de sintomatología a pesar de encontrarse bajo tratamiento médico. También se identificó que, la población más afectada son los niños menores de 6 meses, quienes corren un grave riesgo de contraer neumonía y morir, por lo que ellos son los que tienen más derivaciones a unidades de emergencia hospitalaria (UEA) y servicios de atención primaria de urgencia (SAPU), por causas de enfermedades respiratorias.

## 5.2 Recomendaciones

Para disminuir los impactos negativos en la población de las emisiones atmosféricas, producto de las plantas cementeras, se deberían integrar nuevas tecnologías en los procesos de captación del material particulado ya que, mediante la observación y análisis de datos se pudo evidenciar que, los niveles de concentración de los contaminantes sobrepasan la normativa a lo largo del tiempo, por lo que se puede deducir que, las plantas cementeras estudiadas no cuentan con un plan de gestión ambiental, en donde se aborden los problemas, tales como el desgaste de material de los sistemas de captación, que deben cumplir con mantenciones o recambios cuando dejan de cumplir su función, produciendo que existan emisiones fugitivas al ambiente que no se pueden controlar.

Se podrían implementar nuevos proyectos de desarrollo sostenible, como la reutilización de los desechos producidos en los diferentes procesos, lo que ayudaría bastante a la disminución del consumo de agua, que cada vez se va agotando, viéndose las empresas en la obligación de darle un mejor manejo.

Se propone la utilización de cenizas volantes<sup>3</sup> en la producción del cemento puesto que, al reutilizar este residuo de las centrales termoeléctricas, se generan beneficios económicos y ambientales.

El Ministerio del Medio Ambiente debería elaborar los RETC de forma desglosada ya que, el hecho de no poseer los datos estadísticos por sector productivo hace muy engorrosa la recopilación de datos. Asimismo, se invita a utilizar el formato de la RETC del año 2009.

---

<sup>3</sup> Las cenizas volantes o las cenizas de combustible pulverizado (PFA) son los residuos de la combustión del carbón pulverizado recogido por separadores mecánicos o electrostáticos de los gases de combustión o plantas de energía.

Se necesita que el Estado sea más riguroso con las fiscalizaciones, debido a que constantemente las plantas cementeras sobrepasan el límite de la normativa vigente para material particulado fino, lo que se logró demostrar según los datos analizados del SINCA en la estación de monitoreo El Bosque, evidenciando altas concentraciones de MP<sub>2,5</sub> desde el año 2008 a la fecha actual.

El Ministerio del Medio Ambiente debería colocar un mayor esfuerzo en la fiscalización del cumplimiento de la normativa vigente de Calidad del Aire para material particulado fino, la cual es sobrepasada durante años, afectando a la población infantil mayoritariamente.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abramovicz, Miranda y Sciolla. (2015.) *Villa Las Margaritas: la disputa entre antiguos y nuevos vecinos*. Recuperado el 20 de noviembre del 2020 de: <https://delcampamentoalacasapropia.wordpress.com/2015/07/15/titulo-tentativooo/>
2. ACHS. (2001). *Control y prevención de riesgos de cemento y hormigón*. Santiago, Chile.
3. Cámara Chilena de la Construcción. (1997). *Boletín Estadístico*. (n°287), Santiago Chile.
4. CBB S.A. (2020). *Reseña Histórica, Cementos Bío Bío S.A.* Recuperado el 20 de noviembre 2020 de: <https://cbb.cl/nosotros/resena-historica/>
5. Código Sanitario, Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile 11 de diciembre 1967.
6. CONAMA. (1997). *Plan de prevención y descontaminación atmosférica de la Región Metropolitana*. Santiago, Chile.
7. Diario U. de Chile. (2021). *Informes de salud de San Bernardo y El Bosque indican que megaplanta de hormigón multiplicará afecciones respiratorias*. Recuperado 12 de mayo de 2021 de: <https://radio.uchile.cl/2021/02/18/informes-de-salud-de-san-bernardo-y-el-bosque-indican-que-megaplanta-de-hormigon-multiplicara-afecciones-respiratorias/#:~:text=Medio%20Ambiente-,Informes%20de%20salud%20de%20San%20Bernardo%20y%20El%20Bos>

que%20indican,de%20hormig%C3%B3n%20multiplicar%C3%A1%20afecciones%20respiratorias&text=De%20acuerdo%20con%20un%20informe,Mel%C3%B3n%20BSA%20Hormisur%20y%20GRAU

8. Diario U. de Chile. (2021). *Megaplanta de hormigón en San Bernardo: un nuevo golpe al medio ambiente a costas del Río Maipo*. Recuperado 12 de mayo de 2021 de: <http://www.chilesustentable.net/2021/06/megaplanta-de-hormigon-en-san-bernardo-un-nuevo-golpe-al-medioambiente-a-costas-del-rio-maipo/>
9. Doménech, X. (1994). *Química Ambiental, el impacto ambiental de los residuos* (2ª ed), Madrid, España. Miraguano Ediciones.
10. Gobierno Regional Región Metropolitana de Santiago. (1994). *Aprueba Plan Regulador Metropolitano de Santiago*. (Resolución 20) Santiago, Chile.
11. Grau S.A Aglomerados de Hormigón, (2020). *Reseña Histórica, Prefabricados Grau*. Recuperado 20 de noviembre 2020 de: <https://www.grau.cl/pages/empresa>
12. Greenpeace (2019). *Informe mundial: Ciudades chilenas encabezan ránking de las urbes con peor calidad de aire del continente 2018*. Recuperado el 17 de julio de 2020 de: <https://www.greenpeace.org/chile/noticia/issues/climayenergia/informe-mundial-ciudades-chilenas-encabezan-ranking-de-las-urbes-con-peor-calidad-de-aire-del-continente-el-2018/>

13. Hernández, S., Santos, C., Becker, J., Macías, C., & López Malaquías. (2000) *Prevalencia de la pérdida auditiva y factores correlacionados en una industria cementera*. Morelos, México: Instituto Nacional de Salud Pública.
14. Ilustre Municipalidad de San Bernardo. (2011) *Actualización Plan de Desarrollo comunal de San Bernardo*. (Tomo I) Consultora PAC Consultores Ltda. Santiago, Chile.
15. Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón. (1997). *Manual básico de construcción en hormigón*. (6ª edición) Santiago, Chile, Universitaria.
16. Instituto Nacional de Estadística, Chile. (2017). *Metodología para medir el crecimiento físico de los asentamientos humanos en Chile*. Recuperado 14 de noviembre 2020 de: <https://inechile.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=2d4cab2eee144bcc984ab972ec3f9847>
17. INTEC. (1997). *Basado en las Guías Metodológicas, Ficha 27, implicancias ambientales del rubro Productos de Cemento, (N°27)*. Chile
18. Ley N° 19300. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 1 de marzo de 1994.
19. María Jesús Cardemil. (2020). *Santiago: La contaminación atmosférica, el invierno y la pandemia*. Recuperado el 19 de diciembre del 2021 de: [https://www.futuro360.com/desafiotierra/santiago-contaminacion-atmosferica-invierno-pandemia\\_20200414/](https://www.futuro360.com/desafiotierra/santiago-contaminacion-atmosferica-invierno-pandemia_20200414/)

20. Melón S.A. (2020). *Reseña Histórica, Melón S.A.* Recuperado 20 de noviembre 2020 de: <https://www.melon.cl/nosotros/historia/>
21. Ministerio de Energía. (2020). *Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde.* Edición general Max Correa, Carlos Barría, Benjamín Maluenda. Santiago, Chile.
22. Ministerio de Minería. (1992). *Reglamento funcionamiento de establecimientos emisores de anhídridos sulfuros, material particulado y arsénico en todo el territorio de la república.* (D.S. 185). Santiago, Chile.
23. Ministerio de Salud. (1961). *Establece normas para evitar emanaciones o contaminantes atmosféricos de cualquier naturaleza* (D.S. 144). Santiago, Chile.
24. Ministerio de Salud. (1990). *Modifica y complementa Decreto n°32 de 1990.* (D.S. 322) Santiago, Chile.
25. Ministerio de Salud. (1992). *Establece norma de emisión de material particulado a fuentes estacionarias puntuales y grupales.* (D.S. 4). Santiago, Chile.
26. Ministerio de Salud. (1993). *Establece norma de emisión de material particulado a fuentes estacionarias puntuales que indica.* (D.S. 1583) Santiago, Chile.
27. Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (1976). *Aprueba nueva ley general de urbanismo y construcciones.* (D.F.L 458) Santiago, Chile.



28. Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (1977). *Crea comisión mixta de agricultura y urbanismo* (D.S. 718) Santiago, Chile.
29. Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (1992). *Fija nuevo texto de la ordenanza general de la ley general de urbanismo y construcciones*. (D.S. 47) Santiago, Chile.
30. Misrachi, C. y Espinoza, I. (2005). *Utilidad de las mediciones de la calidad de vida relacionada con la salud. (1ª edición)* Santiago, Chile: Universidad de Chile
31. Orfila, M. (2014). *Polvo de cemento: problema sanitario: Todo el proceso del cemento tiene potencial para ser ambientalmente destructivo*. Recuperado el 11 de diciembre de 2020 de: <https://www.elobservador.com.uy/nota/polvo-de-cemento-problema-sanitario-201421619330>
32. Organización Mundial de la Salud. (2015) *Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. (Actualización 2015)* Ginebra, Suiza.
33. Oyanguren, H. (1967). *Epidemiología de la Silicosis*. La Paz; Bolivia. Seminario Regional de Silicosis.
34. Oyarzún, M. (2010). *Contaminación aérea y sus efectos en la salud. Revista chilena de enfermedades respiratorias (V.26)*. Recuperado el 10 de diciembre de 2020 de: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0717-73482010000100004&script=sci\\_arttext](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0717-73482010000100004&script=sci_arttext)

35. Planelles, M. (2017). *Nuevo récord de concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera*. Recuperado el 19 de diciembre el 2021 de: [https://elpais.com/elpais/2017/10/30/ciencia/1509359304\\_347557.html](https://elpais.com/elpais/2017/10/30/ciencia/1509359304_347557.html)
36. Polpaico. (2002). *Manual del Constructor*. (1<sup>a</sup> ed). Capítulo, III, Providencia, Chile.
37. Pontificia Universidad Católica de Chile. (2020). *Ingenieros chilenos descubren cómo reemplazar al cemento en construcciones*. Noticias. Recuperado 10 de julio de 2021 de: <https://www.ing.uc.cl/noticias/ingenieros-chilenos-descubren-como-reemplazar-al-cemento-en-construcciones/>
38. Portillo, R., Arredondo S., Corral, R., Gómez, J., Orozco, V., Almaral, J.. (2012). *Caracterización de cenizas volantes activadas alcalinamente como material alternativo al cemento*. Sinaloa, México. Facultad de Ingeniería Mochis, Universidad Autónoma de Sinaloa.
39. Solcor Chile [S.A] *Hidrógeno Verde en Chile Noticias*. Recuperado 19 de diciembre de 2021 de: <https://www.solcorchile.com/hidrogeno-verde/>
40. U.S. Environmental Protection Agency. (1972). *Air Pollution Engineering Manual, AP-42, EPA*. (Vol I), Estados Unidos; Pacific Environmental Services, Inc.
41. Yáñez, L. (2019). *Tecnologías de mejoramiento de la ceniza volante con altos contenidos de carbón y sus beneficios al utilizar ceniza mejorada como adición al cemento Portland*. Santiago, Chile: Departamento de Ingeniería Civil, Departamento de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile

42. Zabaleta, H. (1998). *Compendio de Tecnología del Hormigón*, Santiago, Chile: Universitaria.

## 7. ANEXOS

### Anexo 1. Cuestionario SF-36, Percepción de Calidad de vida

#### CUESTIONARIO DE SALUD SF-36



Marque una sola respuesta

- 1) En general, usted diría que su salud es:
    - a. Excelente
    - b. Muy buena
    - c. Buena
    - d. Regular
    - e. Mala
  - 2) ¿Cómo diría que es su salud actual, comparada con la de hace un año?
    - a. Mucho mejor ahora que hace un año
    - b. Algo mejor ahora que hace un año
    - c. Más o menos igual que hace un año
    - d. Algo peor ahora que hace un año
    - e. Mucho peor ahora que hace un año
- Las siguientes preguntas se refieren a actividades o cosas que usted podría hacer en un día normal**
- 3) Su salud actual, ¿le limita para hacer esfuerzos intensos, tales como correr, levantar objetos pesados, o participar en deportes agotadores?
    - a. Sí, me limita mucho
    - b. Sí, me limita un poco
    - c. No, no me limita nada
  - 4) Su salud actual, ¿le limita para hacer esfuerzos moderados, como mover una mesa, pasar la aspiradora, jugar a los bolos o caminar más de una hora?
    - a. Sí, me limita mucho
    - b. Sí, me limita un poco
    - c. No, no me limita nada
  - 5) Su salud actual, ¿le limita para coger o llevar la bolsa de la compra?
    - a. Sí, me limita mucho
    - b. Sí, me limita un poco
    - c. No, no me limita nada
  - 6) Su salud actual, ¿le limita para subir varios pisos por la escalera?
    - a. Sí, me limita mucho
    - b. Sí, me limita un poco
    - c. No, no me limita nada
  - 7) Su salud actual, ¿le limita para subir un solo piso por la escalera?
    - a. Sí, me limita mucho
    - b. Sí, me limita un poco
    - c. No, no me limita nada
  - 8) Su salud actual, ¿le limita para agacharse o arrodillarse?
    - a. Sí, me limita mucho
    - b. Sí, me limita un poco
    - c. No, no me limita nada
  - 9) Su salud actual, ¿le limita para caminar un kilómetro o más?
    - a. Sí, me limita mucho
    - b. Sí, me limita un poco
    - c. No, no me limita nada
  - 10) Su salud actual, ¿le limita para caminar varias manzanas (varios centenares de metros)?
    - a. Sí, me limita mucho
    - b. Sí, me limita un poco
    - c. No, no me limita nada
  - 11) Su salud actual, ¿le limita para caminar una sola manzana (unos 100 metros)?
    - a. Sí, me limita mucho
    - b. Sí, me limita un poco
    - c. No, no me limita nada
  - 12) Su salud actual, ¿le limita para bañarse o vestirse por sí mismo?
    - a. Sí, me limita mucho
    - b. Sí, me limita un poco
    - c. No, no me limita nada
- Las siguientes preguntas se refieren a problemas en su trabajo o en sus actividades diarias**
- 13) Durante las últimas 4 semanas, ¿tuvo que reducir el tiempo dedicado al trabajo o a sus actividades cotidianas a causa de su salud física?
    - a. Sí
    - b. No
  - 14) Durante las últimas 4 semanas, ¿hizo menos de lo que hubiera querido hacer, a causa de su salud física?
    - a. Sí
    - b. No
  - 15) Durante las últimas 4 semanas, ¿tuvo que dejar de hacer algunas tareas en su trabajo o en sus actividades cotidianas, a causa de su salud física?
    - a. Sí
    - b. No
  - 16) Durante las últimas 4 semanas, ¿tuvo dificultad para hacer su trabajo o sus actividades cotidianas (por ejemplo, le costó más de lo normal), a causa de su salud física?
    - a. Sí
    - b. No
  - 17) Durante las últimas 4 semanas, ¿tuvo que reducir el tiempo dedicado al trabajo o a sus actividades cotidianas a causa de algún problema emocional (como estar triste, deprimido, o nervioso)?
    - a. Sí
    - b. No
  - 18) Durante las últimas 4 semanas, ¿hizo menos de lo que hubiera querido hacer a causa de algún problema emocional (como estar triste, deprimido, o nervioso)?
    - a. Sí
    - b. No
  - 19) Durante las últimas 4 semanas, ¿no hizo su trabajo o sus actividades cotidianas tan cuidadosamente como de costumbre, a causa de algún problema emocional (como estar triste, deprimido, o nervioso)?
    - a. Sí
    - b. No
  - 20) Durante las últimas 4 semanas, ¿hasta qué punto su salud física o los problemas emocionales han dificultado sus actividades sociales habituales con la familia, los amigos, los vecinos u otras personas?
    - a. Nada
    - b. Un poco
    - c. Regular
    - d. Bastante
    - e. Mucho

21) ¿Tuvo dolor en alguna parte del cuerpo durante las 4 últimas semanas?

- a. No, ninguno
- b. Sí, muy poco
- c. Sí, un poco
- d. Sí, moderado
- e. Sí, mucho
- f. Sí, muchísimo

22) Durante las últimas 4 semanas, ¿hasta qué punto el dolor le ha dificultado su trabajo habitual (incluido el trabajo fuera de casa y las tareas domésticas)?

- a. Nada
- b. Un poco
- c. Regular
- d. Bastante
- e. Mucho

**Las siguientes preguntas se refieren a cómo se ha sentido y como le han ido las cosas durante las 4 últimas semanas. En cada pregunta, responda lo que se parezca más a cómo se ha sentido usted.**

23) Durante las 4 últimas semanas, ¿Cuánto tiempo se sintió lleno de vitalidad?

- a. Siempre
- b. Casi siempre
- c. Muchas veces
- d. Algunas veces
- e. Sólo alguna vez
- f. Nunca

24) Durante las 4 últimas semanas, ¿Cuánto tiempo estuvo muy nervioso?

- a. Siempre
- b. Casi siempre
- c. Muchas veces
- d. Algunas veces
- e. Sólo alguna vez
- f. Nunca

25) Durante las 4 últimas semanas, ¿Cuánto tiempo se sintió tan bajo de moral que nada podía animarle?

- a. Siempre
- b. Casi siempre
- c. Muchas veces
- d. Algunas veces
- e. Sólo alguna vez
- f. Nunca

26) Durante las 4 últimas semanas, ¿Cuánto tiempo se sintió calmado y tranquilo?

- a. Siempre
- b. Casi siempre
- c. Muchas veces
- d. Algunas veces
- e. Sólo alguna vez
- f. Nunca

27) Durante las 4 últimas semanas, ¿Cuánto tiempo tuvo mucha energía?

- a. Siempre
- b. Casi siempre
- c. Muchas veces
- d. Algunas veces
- e. Sólo alguna vez
- f. Nunca

28) Durante las 4 últimas semanas, ¿Cuánto tiempo se sintió desanimado y triste?

- a. Siempre
- b. Casi siempre
- c. Muchas veces
- d. Algunas veces
- e. Sólo alguna vez
- f. Nunca

29) Durante las 4 últimas semanas, ¿Cuánto tiempo se sintió agotado?

- a. Siempre
- b. Casi siempre
- c. Muchas veces
- d. Algunas veces
- e. Sólo alguna vez
- f. Nunca

30) Durante las 4 últimas semanas, ¿Cuánto tiempo se sintió feliz?

- a. Siempre
- b. Casi siempre
- c. Muchas veces
- d. Algunas veces
- e. Sólo alguna vez
- f. Nunca

31) Durante las 4 últimas semanas, ¿Cuánto tiempo se sintió cansado?

- a. Siempre
- b. Casi siempre
- c. Muchas veces
- d. Algunas veces
- e. Sólo alguna vez
- f. Nunca

32) Durante las 4 últimas semanas, ¿con qué frecuencia la salud física o los problemas emocionales le han dificultado sus actividades sociales (como visitar a amigos o familiares)?

- a. Siempre
- b. Casi siempre
- c. Muchas veces
- d. Algunas veces
- e. Sólo alguna vez
- f. Nunca

**Por favor, diga si le parece cierta o falsa cada una de las siguientes frases**

33) Creo que me pongo enfermo más fácilmente que otras personas

- a. Totalmente cierta
- b. Bastante cierta
- c. No lo sé
- d. Bastante falsa
- e. Totalmente falsa

34) Estoy tan sano como cualquiera

- a. Totalmente cierta
- b. Bastante cierta
- c. No lo sé
- d. Bastante falsa
- e. Totalmente falsa

35) Creo que mi salud va a empeorar

- a. Totalmente cierta
- b. Bastante cierta
- c. No lo sé
- d. Bastante falsa
- e. Totalmente falsa

36) Mi salud es excelente

- a. Totalmente cierta
- b. Bastante cierta
- c. No lo sé
- d. Bastante falsa
- e. Totalmente falsa

## Anexo 2. Ordenanza N°16 de la Municipalidad de San Bernardo



N° 1626/2020

SERVICIO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL	
Región Metropolitana	
OFICINA DE PARTES	
1º Destino: Dirección	24/01
2º Destino: CHA	21/01
3º Destino: SPC	21/01
4º Destino:	
Trámite: ISD	

ORD N° 16.-

ANT: Oficio N° 2220 Solicitud de Evaluación de la Declaración de Impacto Ambiental del Proyecto "Planta de Hormigón Premezclado Santiago Sur".

MAT: Se pronuncia sobre Declaración de Impacto Ambiental que indica.

San Bernardo, 08 de enero de 2020

F. 2019-13-162-38

**DE : SRA. NORA CUEVAS CONTRERAS**  
**ALCALDESA**  
**MUNICIPALIDAD DE SAN BERNARDO**

**A : SRA. ANDELKA VRSALOVIC MELO**  
**DIRECTORA SERVICIO EVALUACION AMBIENTAL**  
**REGION METROPOLITANA**



En atención a lo solicitado en el Oficio Ordinario del Antecedente, se informa que se revisó la Declaración de Impacto Ambiental del proyecto "Planta de Hormigón Premezclado Santiago Sur", presentado por el señor Julio Rolando Solar Caamaño, en representación de INVERSIONES ORANGE S.A..

I. Relación del proyecto con el Plan de Desarrollo Comunal de la comuna de San Bernardo

Dado el interés de la comunidad y el mandato establecido a través de los Instrumentos de planificación con los que dispone esta entidad Edilicia, en estricto cumplimiento de los objetivos estratégicos principalmente aquellos que dicen relación con "Calidad de Vida" y "Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial" explicitados en el Plan de Desarrollo Comunal (PLADECO), es que se hace evidente poner en conocimiento de las Autoridades competentes que, el territorio donde se desarrolla el proyecto presenta una serie de actividades productivas que generan impactos sobre la calidad de vida y bienestar de la comunidad, en consecuencia se solicita ponderar los efectos sinérgicos de todas las actividades que allí se desarrollan y estudiar cómo se relaciona el proyecto respecto de los lineamientos comunales en atención al área de influencia de medio humano identificado.

Es precisamente en este contexto donde el Estado de Chile mediante su institucionalidad desarrolló proyectos de urbanización de vivienda social, modificando inclusive, el Instrumento de Planificación Comunal PRC, Plan Regulador Comunal de San Bernardo y Localidad de Lo Herrera 2006, vía Aplicación del Art. 50 de la Ley General de Urbanismo y Construcciones, por lo tanto, es el deber de esta Institucionalidad, el resguardo de la calidad de vida de la población que quedó circunscrita a un contexto industrial.

El proyecto se localiza en una zona en la cual se han desarrollado proyectos inmobiliarios, como sigue:

CONJUNTO	UBICACION	COMUNA	Nº VIVIENDAS
El Nosedal I	La Acacias Poniente	San Bernardo	598
El Nosedal II	Las Acacias Oriente	San Bernardo	295
El Nosedal III	Las Acacias/Arturo Gordon	San Bernardo	320
Artes y Letras	Las Acacias Oriente	San Bernardo	287
Las Margaritas	Ochagavía	San Bernardo	700
<b>Total</b>			<b>2.200</b>
<b>Nº habitantes (4 personas por vivienda)</b>			<b>8.800</b>

El total de viviendas en el sector, que incluye las villas de la comuna de El Bosque Aires del Sur, Los Abedules, Los Almendrales, Nuevo Imperio, La Estancia y La Hacienda, asciende a 3.754 y se estima una población de 15.016 personas que residen en el área que se verá intervenida por la ejecución del proyecto “Planta de Hormigón Premezclado Santiago Sur”.

En este sentido se le solicita al Titular explique y demuestre cómo el proyecto se hace cargo de incidir en aspectos relevantes para la calidad de vida y bienestar de la comunidad residente en el área de influencia, de acuerdo al siguiente detalle:

i. Calidad de vida: Riesgo para la salud de la población, debido a la cantidad y calidad de emisiones a la atmósfera:

a. Material particulado:

Es imprescindible poner en conocimiento de las Autoridades competentes que en el territorio donde se desarrollará el proyecto, ya existen una serie de actividades productivas que generan impactos sobre la calidad del aire debido a las emisiones de material particulado PM 10 y PM 2,5, con los consiguientes efectos negativos a la comunidad residente, que de acuerdo a estudios toxicológicos son principalmente irritación de mucosas, faringitis, laringitis y bronquitis, además del aumento de las infecciones respiratorias y neumonías y la disminución de los mecanismos de defensa del aparato respiratorio. La población más vulnerable son los menores de 5 años, enfermos respiratorios obstructivos, enfermos cardiovasculares, adultos mayores y mujeres embarazadas.

Los informes de los servicios de salud han mostrado lo siguiente:

El Departamento de Salud de la Corporación Municipal de San Bernardo, Programa IRA/ERA, señala que existe población crónica bajo control en Salas ERA (Enfermedades Respiratorias del Adulto) en CESFAM Carol Urzúa (Sector verde) y CECOF Rapa Nui que pertenece a las villas del área de influencia del proyecto, el total de usuarios de las salas IRA/ERA en ambos centros de salud es de 353 y 275 personas respectivamente. (Estadísticas año 2019)

Dichos usuarios poseen ASMA, EPOC (Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica) y LCFA (Limitación Crónica al Flujo Aéreo) y son representativos de todo el ciclo vital, vale decir desde niños con ASMA hasta Personas Mayores con EPOC.



El Titular señala entre sus compromisos ambientales voluntarios, el barrido nocturno de Calle Las Acacias y Avenida Ochagavía, además señala que en conjunto con la Asociación de industriales de San Bernardo implementará un sistema de limpieza en dichas vías.

Al respecto y con el fin de tener certeza del cumplimiento de este compromiso, se solicita al Titular aclarar con cuál de las Asociaciones de industriales de San Bernardo se ha contactado y señalar las gestiones realizadas y acuerdos alcanzados con dicha organización, para materializar el compromiso ambiental voluntario.

#### b. Ruidos y Vibraciones

El proyecto “Planta de Hormigón Premezclado Santiago Sur”, declara que funcionará en forma continua las 24 horas, durante 330 días al año, por una vida útil de 40 años, con el transporte de materias primas por ferrocarril, con la operación de 4 plantas de producción de hormigón, 2 plantas de reciclaje de hormigón, 1 planta de ensacado de cemento y 1 planta de producción de arenas finas para la para el proceso de hormigón premezclado.

En ese escenario, es necesario representar el deterioro de la calidad de vida de una comunidad que estará expuesta a ruidos y vibraciones sin descanso, interfiriendo negativamente en la tranquilidad de la vida familiar, a la que todo ser humano aspira en su hogar.

Estudios de las alteraciones debidas al ruido ambiental señalan que, aunque el ruido no produce sordera, si crea un embotellamiento auditivo y una sensación de agotamiento que no se corresponde con la actividad realizada. A esto se añade el problema de los ruidos nocturnos que impiden el descanso la recuperación del oído durante el sueño. Entre los efectos fisiológicos, el ruido afecta fundamentalmente al sistema nervioso central, sistema nervioso vegetativo y las funciones vitales, sistema cardiovascular, endocrino, respiratorio y digestivo.

#### ii. Calidad de vida: Alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos.

El Titular señala en la DIA en evaluación que *“Cabe señalar que todo el tránsito vehicular entre el Proyecto y la Ruta 5 Norte, será principalmente a través de zonas industriales, minimizando el tránsito por calles colindantes con usos residenciales”*.

Al respecto se corrige de acuerdo al Plan Regulador Comunal de San Bernardo, lo siguiente:

La única zona industrial corresponde a la comprendida al norte de Las Acacias entre Ochagavía y Arturo Gordon.

La zona comprendida al poniente de la calle Ochagavía entre Lo Blanco y Las Acacias, al sur de Las Acacias, entre Ochagavía y la Ruta 5 Sur, así como, el área existente al norte de las Acacias entre Arturo Gordon, la Ruta 5 Sur y el fondo de sitios de la calle Pacheco Altamirano, presentan el siguiente uso de suelo:

**"ARTICULO 60**  
**ZU 4 LA VARA**  
**CONDICIONES DE USO DEL SUELO**

**a.1 Usos Permitidos:**

*Residencial.*

*Equipamiento de seguridad, social, comercio, salud, educación, culto y cultura, servicios, deporte y esparcimiento.*

*Áreas verdes.*

*Terminales de locomoción colectiva.*

**a.2 Usos Restringidos:**

*Actividad productiva de tipo inofensivo y actividad de servicios de carácter industrial de tipo inofensivo, se permitirán en las vías de 20 metros de perfil o más.*

*Equipamiento de salud, educación, deportes, culto y cultura, servicios y esparcimiento cuyo requerimiento de estacionamientos se encuentre en el rango de 250 y 500 unidades; como asimismo, centros de reparación automotor, centros comerciales, mercados, supermercados, sólo pueden localizarse en las calles Las Acacias, América y Arturo Gordon.*

*Moteles en predios aislados de 500 m<sup>2</sup>, con coeficiente de constructibilidad de 1,8 y de ocupación de suelo de 0,6, sólo pueden localizarse en predios que enfrenten vías de un perfil mayor o igual a 20 metros.*

*Las bombas de bencina y/o centros de servicio automotor sólo pueden localizarse en los sitios que enfrenten a la Av. Presidente Jorge Alessandri R.*

**a.3 Usos Prohibidos:**

*Hotel, apart - hotel, residencial, pensión, hospedería, casa de acogida, albergues, hostales y ferias libres.*

*Se prohíben todos los usos de suelo que no están expresamente permitidos."*

Por esta zona de la comuna de San Bernardo, donde el Titular informa que se llevará a cabo todo el tránsito vehicular, residen estimativamente 8.800. El acceso y salida de cada Villa del área de influencia, es únicamente por la calle Las Acacias, eje vial utilizado por el proyecto.

El alto flujo futuro de vehículos pesados por la calle Las Acacias, proveniente de la Planta de Hormigones premezclado Santiago Sur, afectará al desarrollo habitual de las actividades de la vida cotidiana, trabajo, estudios y otras propias de las familias, con la consiguiente alteración negativa de los sistemas de vida de todos los residentes de las villas del área que enfrentarán la dilatación de los tiempos de desplazamiento.

El diseño de la ruta que seguirán los camiones asociados al proyecto, no tienen ninguna posibilidad de minimizar el tránsito por zonas residenciales, ya que es la única vía existente que permite la conexión de la planta con la Ruta 5 Sur.

Sin otro particular, saluda atentamente a usted.

  
**NELSON ORDENES ROJAS.**  
**SECRETARIO MUNICIPAL**

IGC/AOD  
c.c:  
- SECMU  
- DIDECO  
- DLS  
- OFICINA DE PARTES

  
**NORA CUEVAS CONTRERAS**  
**ALCALDESA**

## Anexo 3. Ordenanza N°300/2019 de la Municipalidad de El Bosque



ORD.: N° 300/98 SAB / 2019

ANT.: No Hay

MAT.: Solicita modificar PRMS en zona industrial molesta

El Bosque, 21 de noviembre de 2019

**A :** SECRETARIO REGIONAL MINISTERIAL DE VIVIENDA Y URBANISMO (s)  
SR. MAURICIO GALLARDO SOTO

**DE :** ALCALDE I. MUNICIPALIDAD DE EL BOSQUE  
SR. SADI MELO MOYA

### De nuestra consideración

Como es de su conocimiento, la comuna de El Bosque tiene en su borde poniente, una zona, determinada por el Plan Regulador Metropolitano de Santiago, PRMS, con uso de suelo de industria molesta.

Dicha zona está compuesta por dos predios de EFE y uno de la FACH. Los tres predios, más la faja vía del ferrocarril suman aproximadamente 24 hectáreas de terreno.

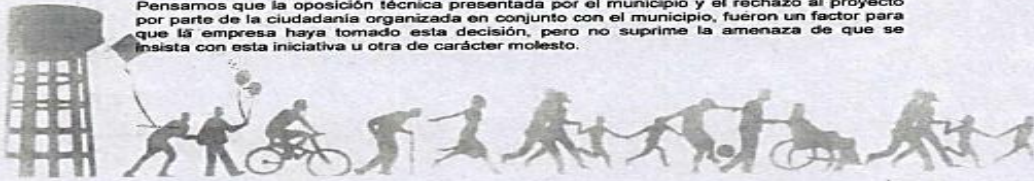
Esta zona que se emplaza a lo largo de Av. Ochagavía, colinda al norte con otra zona mixta residencial en la que durante los últimos 7 años se han construido condominios de vivienda social con subsidio estatal llegando a albergar un aproximado de 1500 viviendas.

A esto se suma que, en territorio de San Bernardo, también en el eje Ochagavía y a 270 metros al norte está construido el conjunto Las Margaritas que alberga a aproximadamente 700 familias más.

El total de estas familias conviven con las emanaciones y contaminación producida por al menos 5 empresas del rubro del cemento, hormigón premezclado, ensacadora de cemento, y otras, las que sumadas alcanzan un total de 23 Hás. Aprox., y que, si bien estaban instaladas con anterioridad, por la dinámica propia de la gestión habitacional quedaron rodeadas por áreas residenciales y hoy evidencian usos incompatibles en su proximidad.

En estos mismos días una empresa privada, titular de una Declaración de Impacto Ambiental, DIA, por una planta de hormigón premezclado en uno de los terrenos de EFE, desistió de su tramitación.

Pensamos que la oposición técnica presentada por el municipio y el rechazo al proyecto por parte de la ciudadanía organizada en conjunto con el municipio, fueron un factor para que la empresa haya tomado esta decisión, pero no suprime la amenaza de que se insista con esta iniciativa u otra de carácter molesto.





Tenemos los argumentos técnicos que evidencian la existencia de una "zona de sacrificio" y hacen necesario que estos terrenos, de propiedad fiscal, tengan una destinación que venga en algo a disminuir la inequidad urbana que afecta a nuestro territorio, el de la comuna vecina de San Bernardo y en general el de la zona sur de la Región Metropolitana.

Motivo de todo lo anterior estamos solicitando a Ud., considere dar inicio a los estudios necesarios que permitan cambiar el uso de suelo de la zona aludida de industrial molesto por otro compatible con el uso residencial y que a su vez considere en su propuesta el muy bajo índice de área verde por habitante y de equipamiento recreativo de este sector de la ciudad.

Adjuntamos gráfica de la zona aludida y desde ya ofrecemos toda la documentación de que disponemos para fundamentar esta solicitud de modificación del PRMS que planteamos a esa SEREMI.

Saluda atentamente.



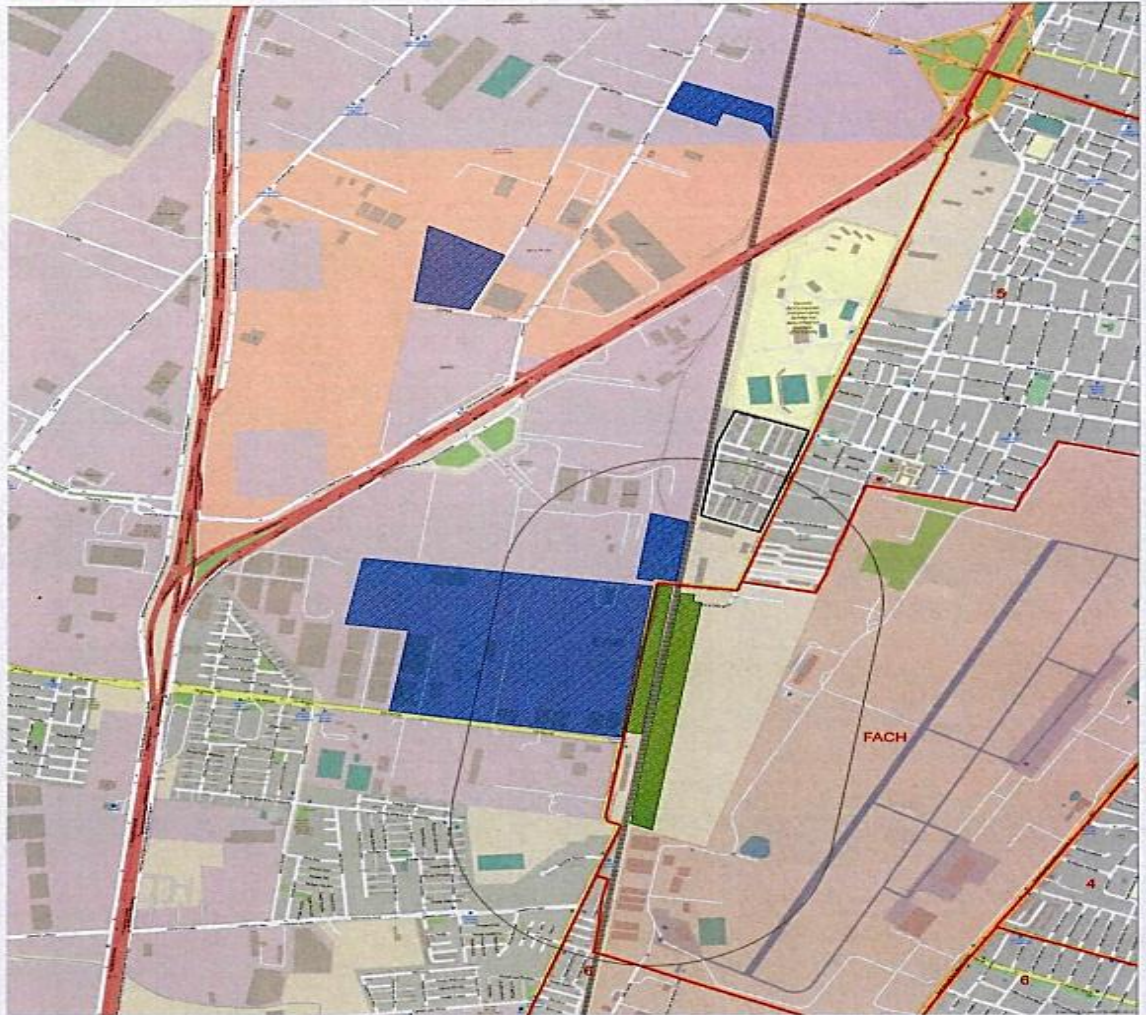
Destinatario: Avda Libertador Bernardo O'Higgins 874, Piso 8, Santiago

- Ministro Vivienda
- Intendente
- Presidente de EFE
- Alcaldía
- Secplan (2)
- Dirección Jurídica
- Dideco
- Dirección de Obras Municipales
- Of. de Partes.





# Cementerias.



**SIMBOLOGIA**

- Área de Impacto + 2.000 Pobladores
- Cementerio San Antonio
- Cementerio San Mateo
- Cementerio
- Reserva Pastoral

**SISTEMA DE COORDENADAS**  
UTM 18Q UTM 18Q UTM 18Q

ESCALA 1 : 4.000

PROYECTO  
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL DE LA CONSTRUCCIÓN DE UN NUEVO CEMENTERIO EN EL SECTOR PLADECO DE LA CIUDAD DE EL BOSQUE

**POBLACION ESTIMADA DE LOS BARRIOS DEL SECTOR DE SAN MAT.**

BARIO / POBLACION	PLANEADO	EXISTENTE	MUJERES	TOTAL
EL BOSQUE	0	100	40	140
EL BOSQUE GALARDONADO	0	15	10	25
EL BOSQUE	0	2.000	1.000	3.000
EL BOSQUE SAN ANTONIO	0	1.000	1.170	2.170
EL BOSQUE SAN ANTONIO SAN ANTONIO	0	170	100	270
EL BOSQUE	0	10	10	20
EL BOSQUE	0	100	100	200
EL BOSQUE	0	100	100	200
EL BOSQUE	0	100	100	200
EL BOSQUE	0	100	100	200
TOTAL	0	4.700	2.980	7.680



El Bosque, enero de 2020.

Observaciones a la Declaración de Impacto Ambiental de la “Planta de Hormigón Premezclado Santiago Sur” en relación con la salud de los habitantes de la comuna de El Bosque.

Esteban Hadjez Berrios, MD, MSc, PhD  
Dirección de Salud Municipal de la comuna de El Bosque

El presente informe, elaborado por la Dirección de Salud Municipal de la comuna de El Bosque, entrega observaciones en relación a la Declaración de Impacto Ambiental de la “Planta de Hormigón Premezclado Santiago Sur” (Solar & Pinto, 2018), ingresado a evaluación ambiental con fecha 12 de noviembre de 2018. En la primera parte del informe se realiza un análisis de la documentación del proyecto relativa a la elaboración de la línea base de calidad del aire (Jaime Illanes & Asociados, 2018a), y la modelación de la calidad del aire durante las etapas de construcción y operación del mismo (Jaime Illanes & Asociados, 2018b). Al respecto, y considerando la información entregada en la declaración de impacto ambiental, se argumenta que dicho proyecto implica un riesgo para la salud de la población de la comuna de El Bosque. En específico, el proyecto implica un aumento del riesgo a la salud de las personas que habitan en zonas aledañas, debido al aumento de las emisiones de material particulado respirable  $MP_{10}$  y  $MP_{2.5}$ , y dióxido de nitrógeno  $NO_2$  en una zona saturada de contaminación. En la segunda sección del documento se entrega la caracterización de salud de aquellos sectores de la comuna que serían especialmente afectados durante la etapa de construcción y de operación del proyecto. Se plantea que en la actualidad estos sectores presentan serios problemas de salud respiratoria, incluyendo una elevada tasa de hospitalizaciones y derivaciones a unidades de emergencia por causa respiratoria, particularmente en niños y niñas, en comparación al resto de la comuna.

### *Línea base y modelación de calidad del aire del proyecto*

En primer lugar, es necesario señalar que el proyecto "Planta de Hormigón Premezclado Santiago Sur" se sitúa en una zona saturada de contaminación por material particulado respirable  $MP_{10}$  y  $MP_{2.5}$ , tanto para sus normas diarias y anuales (Ministerio del Medio Ambiente, 2016). El material particulado respirable es un contaminante que afecta principalmente a los sistemas cardiovascular y respiratorio de las personas (Organización Mundial de la Salud, 2005), además de considerarse un agente cancerígeno para el desarrollo de cáncer de pulmón (International Agency for Research on Cancer, 2013). Específicamente, la exposición crónica a niveles elevados de  $MP_{10}$  se asocia a un aumento en la mortalidad de niños y niñas menores de 1 año, especialmente por causa respiratoria (Woodruff, Grillo & Schoendorf, 1997; Woodruff, Darrow, & Parker, 2008). Del mismo modo, la exposición breve a concentraciones elevadas de  $MP_{10}$  se asocian a un aumento en la frecuencia de síntomas respiratorios en niños y niñas asmáticas (Weinmayr, Romeo, De Sario, Weiland & Forastiere, 2010). Por otra parte, la exposición crónica a concentraciones elevadas de  $MP_{2.5}$  se ha asociado a un aumento en la mortalidad general y mortalidad por enfermedades cardiovasculares en población adulta (Hoek, Krishnan, Beelen, Peters, Ostro, Brunekreef, & Kaufman, 2013).

Pese a lo anterior, la normativa ambiental chilena para material particulado respirable  $MP_{10}$  (Ministerio Secretaría General de la Presidencia, 1998) y material particulado respirable  $MP_{2.5}$  (Ministerio del Medio Ambiente, 2011) establece límites máximos de concentración de estos contaminantes en el aire más elevados que aquellos recomendados por la Organización Mundial de la Salud (2005), estos últimos basados en investigaciones epidemiológicas actualizadas que demuestran el daño a la salud en las personas expuestas a concentraciones inferiores a las que permite la legislación chilena vigente, tanto para sus concentraciones diarias y anuales, como se muestra en la Tabla 1. Las concentraciones anuales de  $MP_{10}$  y  $MP_{2.5}$  medidas en la estación de monitoreo de calidad del aire de la comuna de El Bosque entre los años 1998 y 2018, y su comparación con los niveles máximos establecidos por la normativa ambiental chilena (Ministerio del Medio Ambiente, 2011; Ministerio Secretaría General de la Presidencia, 1998) y las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (2005) se presentan en las figuras 1 y 2. Es necesario señalar que la estación de monitoreo de calidad del aire en la comuna de El Bosque se ubica aproximadamente

en la intersección de la Avenida Padre Hurtado con Riquelme, en el límite norte de la comuna (Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire, 2019).

Tabla 1: Concentraciones máximas de material particulado respirable, de acuerdo con la legislación chilena vigente y su comparación con las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

	Normativa chilena	Recomendaciones OMS
MP <sub>10</sub> , concentración anual	50 $\mu\text{m}/\text{m}^3$	20 $\mu\text{m}/\text{m}^3$
MP <sub>10</sub> , concentración diaria	150 $\mu\text{m}/\text{m}^3$	50 $\mu\text{m}/\text{m}^3$
MP <sub>2,5</sub> , concentración anual	20 $\mu\text{m}/\text{m}^3$	10 $\mu\text{m}/\text{m}^3$
MP <sub>2,5</sub> , concentración diaria	50 $\mu\text{m}/\text{m}^3$	25 $\mu\text{m}/\text{m}^3$

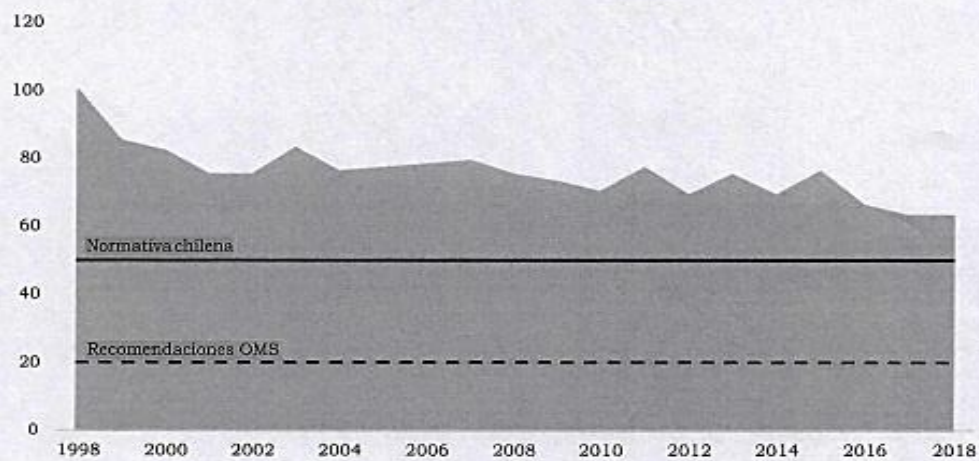


Figura 1: Niveles anuales de MP<sub>10</sub> en la comuna de El Bosque, entre los años 1998 y 2018. Elaboración propia en base a información histórica del Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire (2019).



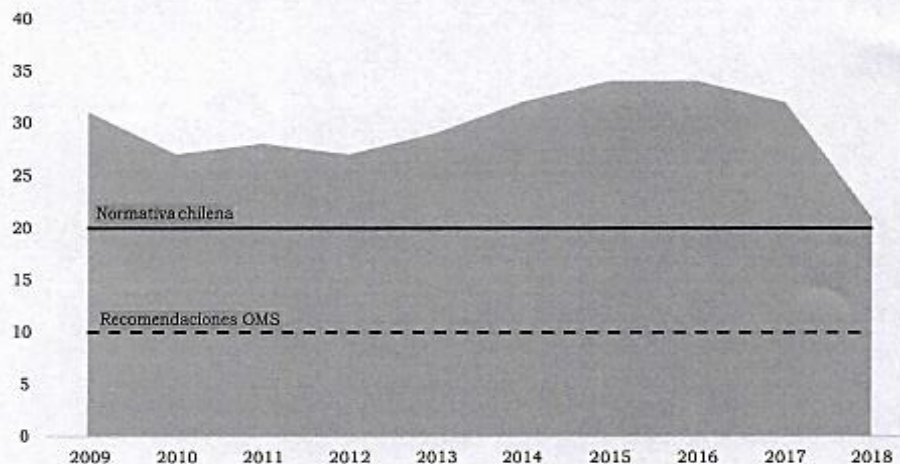


Figura 2: Niveles anuales de MP<sub>2.5</sub> en la comuna de El Bosque, entre los años 2009 y 2018. Elaboración propia en base a información histórica del Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire (2019).

Las emisiones estimadas de material particulado respirable asociadas al proyecto implicarán un aumento en las concentraciones de estos contaminantes en la comuna de El Bosque (Jaime Illanes & Asociados, 2018b). Para el caso específico de las concentraciones diarias de MP<sub>10</sub> durante las fases de construcción y operación del proyecto, se estiman aportes de 2 µm<sup>3</sup>, correspondiendo a un aumento del 1% en relación con la normativa nacional (Jaime Illanes & Asociados, 2018b). Para el mismo contaminante, en las etapas de construcción y operación del proyecto, se estima un aporte de 1 µm<sup>3</sup> en su concentración anual, correspondiendo a un aumento cercano al 1% para la normativa nacional (Jaime Illanes & Asociados, 2018b). Para el caso específico de las concentraciones diarias de MP<sub>2.5</sub>, durante la construcción del proyecto se estiman aportes de 2 µm<sup>3</sup>, correspondiendo a un aumento del 4% en relación con la legislación nacional (Jaime Illanes & Asociados, 2018b). Por otra parte, durante la operación del proyecto, las concentraciones diarias de MP<sub>2.5</sub> aumentarían en 1 µm<sup>3</sup>, correspondiendo a un aumento del 2% en relación con la normativa nacional. Para todos los casos, tanto en la etapa de construcción como de operación del proyecto, la empresa argumenta que “los aportes del proyecto son poco significativos, y no producen una modificación significativa a la calidad del aire del entorno” (Solar & Pinto, 2018, p. 40).

Al respecto, consideramos arbitraria dicha afirmación. En primer lugar, la empresa no declara los métodos estadísticos que le permiten aseverar que dichos aportes no son significativos. En segundo lugar, y considerando que los niveles recomendados por la Organización Mundial de la Salud (2005) se ajustan mejor a la evidencia científica disponible, los aportes estimados por la empresa durante las etapas de construcción y operación del proyecto alcanzarían, para el caso del  $MP_{10}$  en sus concentraciones anuales y diarias, al 3.3 y 5% de los niveles recomendados, respectivamente. Para el caso del  $MP_{2.5}$  en sus mediciones anuales y diarias durante la etapa de construcción del proyecto, los aportes estimados alcanzarían hasta el 4.3 y 6.8% de las concentraciones máximas recomendadas por el organismo internacional, respectivamente. En tercer lugar, la empresa omite el hecho de que las concentraciones de material particulado respirable no se comportan como variables discretas, o del tipo "todo o nada" en relación con los efectos dañinos a la salud, sino que éstas corresponden a variables continuas. Así, el aumento en las concentraciones de material particulado respirable  $MP_{10}$  y  $MP_{2.5}$  en la comuna de El Bosque implican un riesgo creciente y continuo para el desarrollo de problemas de salud, demostrándose "que el riesgo de diversos efectos aumenta con la exposición, y hay pocas pruebas que indiquen un umbral por debajo del cual no quepa prever efectos adversos a la salud" (Organización Mundial de la Salud, 2005, p. 9).

De esta manera, se estima que por cada aumento de  $10 \mu\text{m}/\text{m}^3$  de material particulado respirable  $MP_{10}$  en su concentración anual, existe un aumento significativo en el riesgo relativo de mortalidad en niños y niñas menores de 1 año de 1.04 (con intervalos de confianza entre 1.02 y 1.07, Woodruff et al., 1997), mientras que el mismo aumento en las concentraciones diarias de  $MP_{10}$  implica un aumento significativo en el riesgo relativo de desarrollar síntomas respiratorios en niños y niñas asmáticas de 1.028 (con intervalos de confianza entre 1.006 y 1.051, Weinmayr et al., 2010). Además, por cada aumento de  $10 \mu\text{m}/\text{m}^3$  de material particulado respirable  $MP_{2.5}$  en su promedio anual, existe un aumento significativo en el riesgo relativo de mortalidad general en adultos de 1.062 (con intervalos de confianza entre 1.04 y 1.083; Hoek et al., 2013), mientras que el mismo aumento en las concentraciones diarias de  $MP_{2.5}$  se relaciona con el aumento del riesgo relativo de hospitalizaciones por enfermedades cardiovasculares de 1.0091 (con intervalos de confianza entre 1.0017 y 1.0166) y de hospitalizaciones por enfermedades respiratorias de 1.019 (con intervalos de confianza entre 0.9982 y 1.0402; World Health Organization, 2013a).

Por otra parte, y de acuerdo con las mismas modelaciones de calidad de aire de la empresa, el aumento en las concentraciones de material particulado respirable referidas anteriormente no se distribuye de manera homogénea en la comuna, sino que se distribuye de manera gradual, con máximas concentraciones en las zonas cercanas a las fuentes emisoras, disminuyendo éstas hacia zonas más alejadas. De acuerdo con los mapas de isoconcentraciones aportados por la empresa (Jaime Illanes & Asociados, 2018b), en los sectores poblados cercanos al proyecto y durante la etapa de construcción, se estiman aportes de  $MP_{10}$  en su concentración anual de hasta  $3 \mu\text{m}/\text{m}^3$ , correspondiendo al 6% de la norma chilena y 15% de las recomendaciones de la OMS. Del mismo modo, los aportes estimados de concentraciones diarias de  $MP_{10}$  alcanzarían hasta  $10 \mu\text{m}/\text{m}^3$  en las zonas pobladas cercanas al proyecto, correspondiendo a un aumento del 6.7% de la norma chilena y 20% de las recomendaciones internacionales. Los aportes estimados de la concentración anual de  $MP_{2.5}$  alcanzarían hasta  $1 \mu\text{m}/\text{m}^3$ , correspondiendo a un aumento del 5% de la normativa nacional y 10% de las recomendaciones de la OMS. Los aportes estimados en la concentración diaria de  $MP_{2.5}$  en los sectores poblados adyacentes al proyecto alcanzarían hasta  $5 \mu\text{m}/\text{m}^3$ , correspondiendo a un aumento del 10% de la normativa chilena y 20% de las recomendaciones internacionales (Tabla 2).

Tabla 2: Estimaciones del aporte de material particulado respirable durante la etapa de construcción, correspondientes a la estación de monitoreo de calidad del aire de El Bosque, y calculados para sectores poblados adyacentes al proyecto.

	Estación de monitoreo	Sectores poblados adyacentes
$MP_{10}$ , concentración anual	$1 \mu\text{m}/\text{m}^3$	<b><math>3 \mu\text{m}/\text{m}^3</math></b>
$MP_{10}$ , concentración diaria	$2 \mu\text{m}/\text{m}^3$	<b><math>10 \mu\text{m}/\text{m}^3</math></b>
$MP_{2.5}$ , concentración anual	$0 \mu\text{m}/\text{m}^3$	<b><math>1 \mu\text{m}/\text{m}^3</math></b>
$MP_{2.5}$ , concentración diaria	$2 \mu\text{m}/\text{m}^3$	<b><math>5 \mu\text{m}/\text{m}^3</math></b>

Finalmente, y en relación con lo anterior, existe a nuestro juicio una falta de completitud en la descripción de la línea base del proyecto y, por lo tanto, en los resultados finales de las estimaciones de aportes de material particulado respirable. Al respecto, los autores de dicho estudio (Jaime Illanes & Asociados, 2018b) asumen una concentración homogénea de contaminantes en la comuna de El Bosque, medida en la estación de monitoreo de calidad del aire de la misma comuna, sin incorporar en su análisis el hecho de que la empresa se sitúa en un cordón industrial y que, por lo tanto, es esperable que la línea base de calidad del aire en los sectores poblados cercanos al proyecto sea superior a la informada. Por todo lo anterior, cabe concluir que los aportes estimados de material particulado respirable afectarán a una población ya sometida a niveles más elevados de contaminación que el resto de la comuna, como se argumentará en la segunda parte de este documento. Lo anterior, a su vez, también fue observado por la Secretaría Regional Ministerial de Salud en el Oficio Ordinario 6478 de 2018, que señala que "en consideración al nivel de emisiones de MP10 y a la cercanía en sectores habitados, se solicita indicar los puntos de máximo impacto de las emisiones, especificando las concentraciones a que estarán expuestas".

El dióxido de nitrógeno  $\text{NO}_2$  es otro contaminante cuyos aportes estimados por la empresa implican un riesgo para la salud de la población de la comuna. La exposición crónica a niveles elevados de  $\text{NO}_2$  se ha asociado a un aumento en la mortalidad general en población adulta (Hoek, et al., 2013), y a un aumento en la frecuencia de síntomas respiratorios en niños y niñas asmáticas (McConnell, Berhane, Gilliland, Molitor, Thomas, Lurmann, Avol, Gauderman & Peters, 2003). Por otra parte, la exposición breve a concentraciones elevadas de  $\text{NO}_2$  se ha relacionado al aumento en la mortalidad general, y al aumento en hospitalizaciones por causa respiratoria en todos los grupos de edad (World Health Organization, 2013a, 2013b). De manera similar a lo que ocurre con el material particulado respirable, las normas nacionales (Ministerio Secretaría General de la Presidencia, 2003) establecen límites máximos para  $\text{NO}_2$  más elevados que los recomendados por la Organización Mundial de la Salud (2005). Para la concentración horaria de  $\text{NO}_2$ , la normativa chilena establece un valor máximo de  $400 \mu\text{m}/\text{m}^3$ , mientras que la recomendación de la OMS establece un valor máximo de  $200 \mu\text{m}/\text{m}^3$ . Para la concentración anual de  $\text{NO}_2$ , la norma chilena establece un valor máximo de  $100 \mu\text{m}/\text{m}^3$ , mientras que las recomendaciones internacionales establecen una concentración promedio anual máxima de  $40 \mu\text{m}/\text{m}^3$  (Organización Mundial de la Salud, 2005).

Durante la etapa de construcción del proyecto, los aportes estimados de  $\text{NO}_2$  en su medición anual alcanzarían hasta  $2 \mu\text{m}/\text{m}^3$ , correspondiendo a un 2% de la normativa nacional, mientras que los aportes estimados de  $\text{NO}_2$  en su medición horaria, alcanzarían  $67 \mu\text{m}/\text{m}^3$ , correspondiendo al 16.8% del valor máximo establecido por la normativa nacional. Durante la etapa de operación del proyecto, los aportes estimados de  $\text{NO}_2$  en su medición anual alcanzarían a  $0 \mu\text{m}/\text{m}^3$ , mientras que los aportes estimados para el mismo contaminante en su medición horaria alcanzarían  $9 \mu\text{m}/\text{m}^3$ , que corresponden al 2.25% de la norma nacional. Si bien los autores del informe de modelación de la calidad de aire del proyecto señalan que todos los valores anteriores se encuentran bajo la normativa ambiental chilena (Jaime Illanes & Asociados, 2018b), éstos superan el valor promedio anual máximo de  $40 \mu\text{m}/\text{m}^3$  recomendado por la Organización Mundial de la Salud (2005) durante la etapa de construcción del proyecto, alcanzando una concentración total de  $51 \mu\text{m}/\text{m}^3$ . Del mismo modo, debido a los aportes estimados de las concentraciones horarias de  $\text{NO}_2$  durante la etapa de construcción del proyecto, la concentración de este contaminante alcanzaría a  $253 \mu\text{m}/\text{m}^3$ , superando también los valores máximos establecidos internacionalmente (Organización Mundial de la Salud, 2005).

Como se describe anteriormente para el caso del material particulado respirable, las concentraciones de  $\text{NO}_2$ , tanto en sus mediciones horarias como anuales, no se distribuyen de manera homogénea en la comuna de El Bosque, como se podría inferir del informe de estimación de calidad del aire del proyecto (Jaime Illanes & Asociados, 2018b). Las concentraciones de este contaminante se distribuyen de manera gradual, con máximas concentraciones en las zonas cercanas a las fuentes emisoras, disminuyendo éstas hacia zonas más alejadas. De acuerdo con lo anterior, y en base a los mapas de isoconcentraciones aportados por la empresa (Jaime Illanes & Asociados, 2018b), en los sectores poblados adyacentes al proyecto, durante la etapa de construcción de la planta de hormigón los aportes estimados de  $\text{NO}_2$  en su medición horaria alcanzarían hasta  $100 \mu\text{m}/\text{m}^3$ , correspondiendo al 25% del valor máximo establecido por la normativa nacional, alcanzándose concentraciones totales de  $286 \mu\text{m}/\text{m}^3$ . Del mismo modo, durante la etapa de operación del proyecto, estos aportes alcanzarían hasta  $20 \mu\text{m}/\text{m}^3$ , correspondiendo a un 5% de los valores máximos establecidos en la normativa chilena, con una concentración total de  $\text{NO}_2$  en su medición horaria en zonas pobladas cercanas al proyecto en torno a  $206 \mu\text{m}/\text{m}^3$ , con el consiguiente riesgo a la salud de la población.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, es posible sostener que el proyecto "Planta de Hormigón Premezclado Santiago Sur" (Solar & Pinto, 2018) implica un riesgo a la salud de la población de la comuna de El Bosque. Específicamente, se concluye que los aportes de material particulado respirable  $MP_{10}$  y  $MP_{2.5}$  en sus concentraciones diarias y anuales contribuyen al empeoramiento de los valores de contaminación ya existentes. En particular, en sectores poblados cercanos al proyecto, los aportes estimados de  $MP_{10}$ , en sus concentraciones diarias y anuales corresponderían a un 6.7 y 6% de los valores máximos establecidos por la normativa chilena, respectivamente, mientras que los aportes estimados de  $MP_{2.5}$  en su concentración diaria corresponderían al 10% del valor máximo permitido para este contaminante. Lo anterior supondría un aumento en el riesgo de morir en niños y niñas menores de 1 año, un aumento en la frecuencia de síntomas respiratorios en niños y niñas asmáticas, y un aumento en el riesgo de desarrollar cáncer pulmonar en la población del territorio. Por otra parte, los aportes estimados de  $NO_2$  del proyecto durante su etapa de construcción, y de manera conjunta con el material particulado respirable  $MP_{10}$  y  $MP_{2.5}$ , aumentarán el riesgo de complicaciones respiratorias en niños y niñas asmáticas, y un aumento en el número de hospitalizaciones por causa respiratoria en todos los grupos de edad.

#### *Situación de salud de los sectores poblados cercanos al proyecto*

En esta sección se entrega información acerca de la situación de salud de la comuna de El Bosque, especialmente de la población más cercana al proyecto, y que corresponde a la población inscrita en el CESFAM Santa Laura. Si bien las poblaciones ubicadas al sur de la comuna y adyacentes a Avenida Ochagavía también serían afectadas por el aumento en las concentraciones de material particulado respirable y  $NO_2$  derivadas del proyecto, no es posible por el momento su desagregación, pues debido a la división territorial de la comuna, éstas se encuentran inscritas en el CESFAM Orlando Letelier, que atiende a una población que en su mayoría vive en sectores relativamente alejados de las fuentes de emisión. De acuerdo con la información del Fondo Nacional de Salud (FONASA), para el año 2019, la población total inscrita en el CESFAM Santa Laura asciende a 25.514 personas, correspondiendo el 19.8% de su población a niños y niñas menores de 14 años, mientras que el 17.4% de la población corresponde a personas mayores de 60 años, como se observa en la Figura 3:

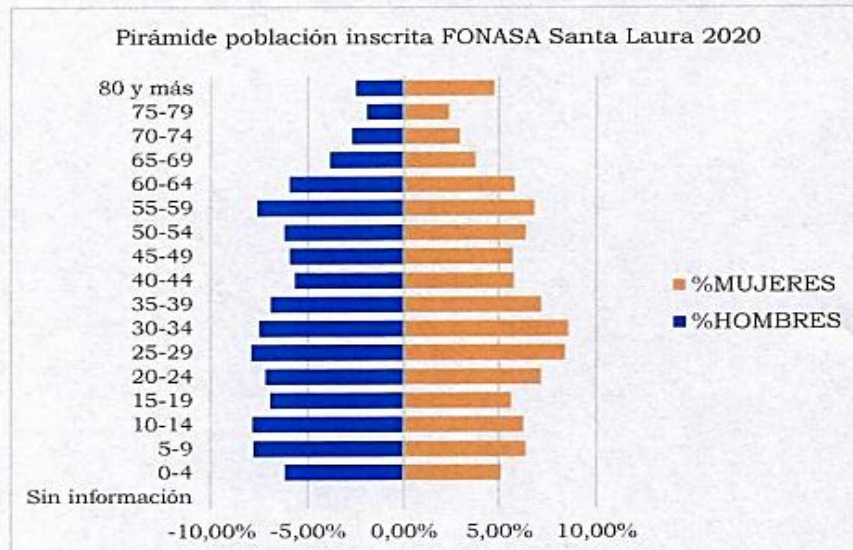


Figura 3: Pirámide poblacional de las personas inscritas en el CESFAM Santa Laura en la comuna de El Bosque, año 2020. Elaboración propia en base a información de FONASA (oct 2019)

De acuerdo con el estudio de caracterización de salud del sector 5 de la comuna de El Bosque, correspondiente al CESFAM Santa Laura, un 30% de la población mayor de 15 años posee cifras de presión arterial mayores de 140/90 mmHg, sin diferencias significativas entre hombres y mujeres. Además, el 24.6% de los adultos refieren tener diagnóstico previo de hipertensión arterial, mientras que un 6.3% de éstos reportan diagnóstico de diabetes mellitus, y un 5.7% de los adultos refieren antecedente antiguo de infarto al miocardio y otras enfermedades del corazón (Dirección de Salud Municipal de la comuna de El Bosque, 2015). Por otra parte, y de acuerdo con la información del Departamento de Estadísticas e Información del Ministerio de Salud (2019), al año 2019 existían 3,822 personas con diagnóstico de hipertensión arterial y 1,837 personas con diagnóstico de diabetes mellitus en control en el programa de salud cardiovascular del CESFAM Santa Laura. La cantidad de personas con diagnósticos de hipertensión y diabetes mellitus que se encuentran en control en el programa de salud cardiovascular en la comuna de El Bosque se muestra en la Figura 4:

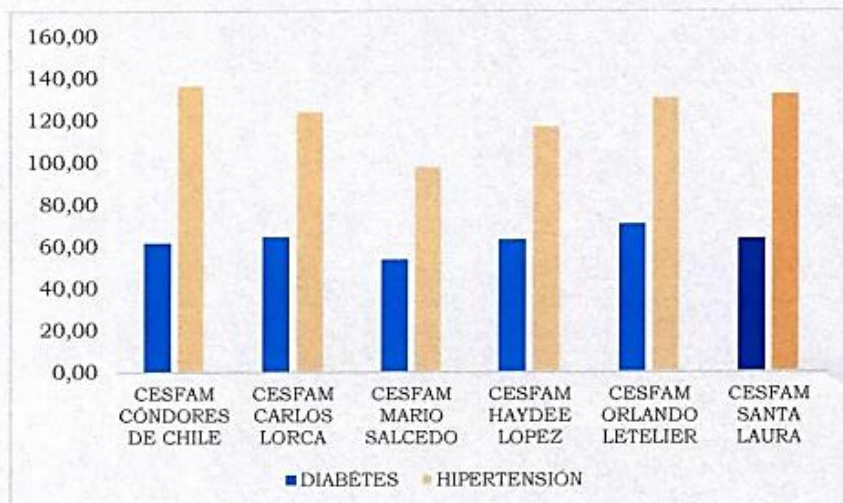


Figura 4: Número de personas con diagnóstico de diabetes e hipertensión arterial en control en Programa de Salud Cardiovascular cada 1.000 habitantes en la comuna de El Bosque, año 2019. Elaboración propia en base a información del Departamento de Estadísticas e Información del Ministerio de Salud (2020).

Por otra parte, y de acuerdo con los resultados del Examen de Medicina Preventivo del Adulto durante el año 2019, la prevalencia de tabaquismo en personas mayores de 15 años en el territorio correspondiente al CESFAM Santa Laura alcanza al 25.85% en el año 2019, como se muestra en la Figura 5 (Departamento de Estadísticas e Información del Ministerio de Salud, 2020). Igualmente, en el mismo centro de salud existen 534 personas con diagnóstico de asma y 369 personas con diagnóstico de enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) en control en salas IRA-ERA (Departamento de Estadísticas e Información del Ministerio de Salud, 2020). La cantidad de personas con diagnóstico de asma y EPOC, ajustada cada 1.000 habitantes en la comuna de El Bosque se muestra en la figura 6. En el territorio del CESFAM Santa Laura, el diagnóstico de asma afecta principalmente a niños y niñas entre 5 a 9 años, mientras que el diagnóstico de EPOC afecta especialmente a las personas mayores de 50 años, como se muestra en la Figura 7. La cantidad de personas con diagnósticos de asma y EPOC en control en sala IRA-ERA en el CESFAM Santa Laura en los últimos siete años se presenta en la Figura 8.



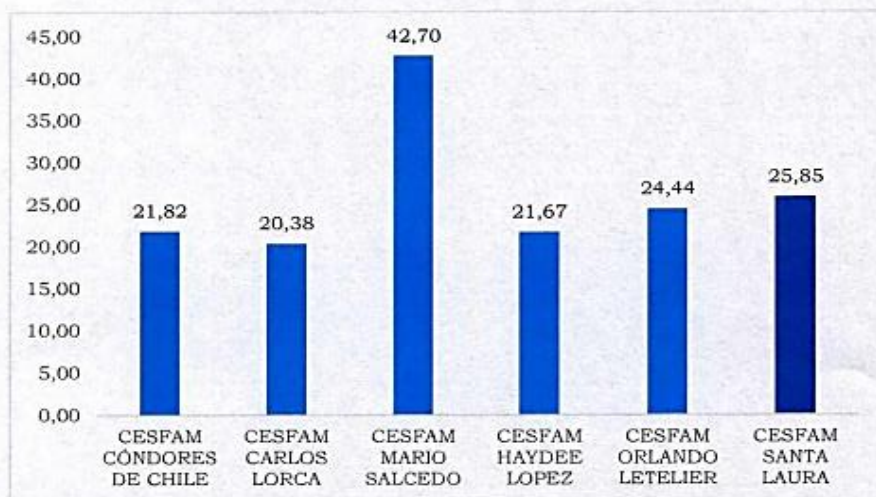


Figura 5: Prevalencia de tabaquismo de acuerdo con resultados del Examen de Medicina Preventivo del Adulto en la comuna de El Bosque, año 2019. Elaboración propia en base a información del Departamento de Estadísticas e Información del Ministerio de Salud (2020).

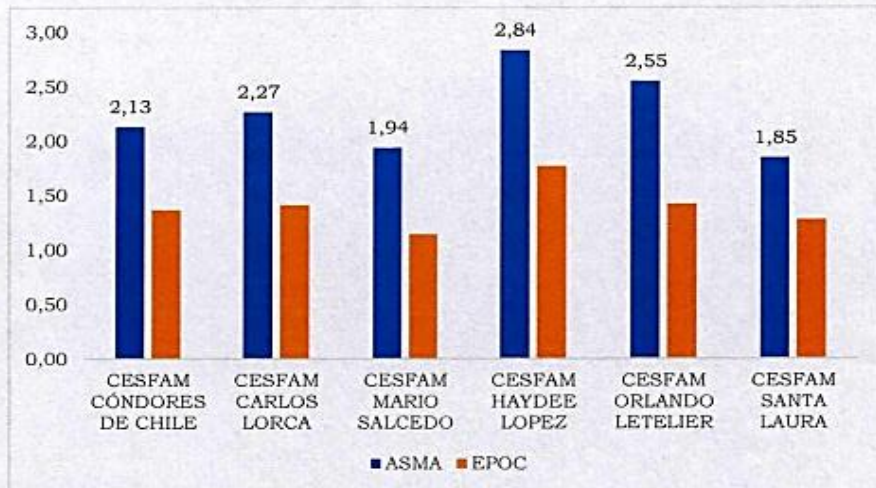


Figura 6: Número de personas con diagnóstico de asma y EPOC cada 1.000 habitantes en la comuna de El Bosque, año 2017. Elaboración propia en base a información del Departamento de Estadísticas e Información del Ministerio de Salud (2019).

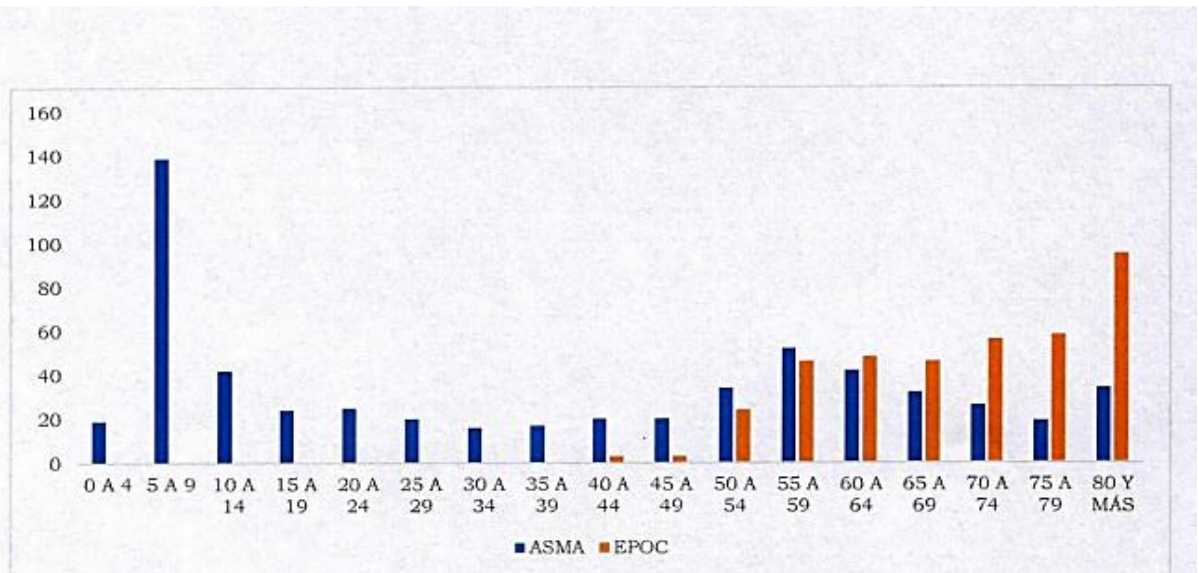


Figura 7: Número de personas en control por asma y EPOC en salas IRA-ERA del CESFAM Santa Laura, distribuidos por grupos de edad, año 2019. Elaboración propia en base a información del Departamento de Estadísticas e Información del Ministerio de Salud (2020).

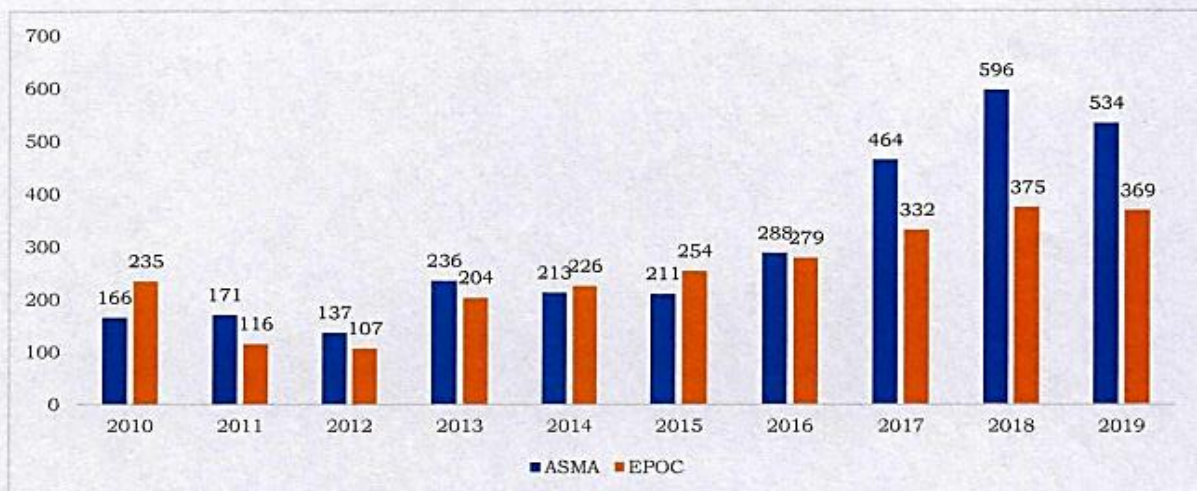


Figura 8: Número de personas con diagnóstico de asma y EPOC en control en sala IRA-ERA del CESFAM Santa Laura entre los años 2010 y 2019. Elaboración propia en base a información del Departamento de Estadísticas e Información del Ministerio de Salud (2020).

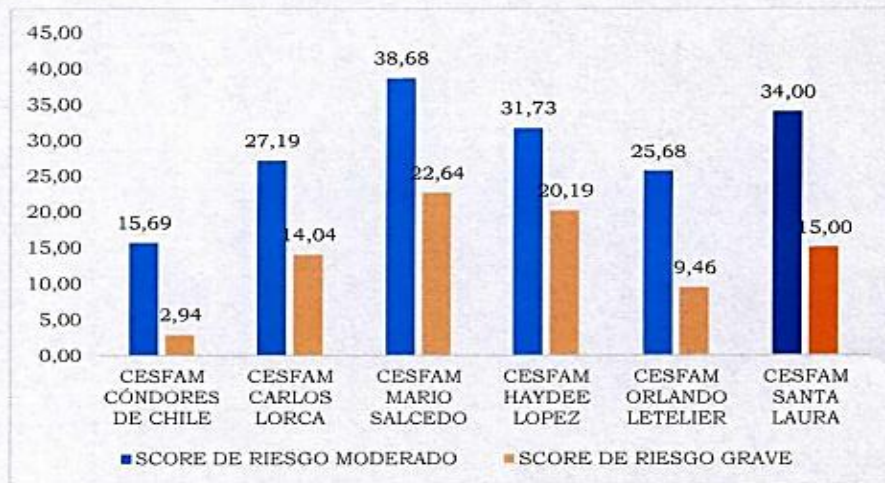


Figura 10: Porcentaje de niños y niñas menores de 6 meses con score de riesgo moderado y grave para desarrollar infecciones respiratorias agudas en la comuna de El Bosque, año 2019. Elaboración propia en base a información del Departamento de Estadísticas e Información del Ministerio de Salud (2020).

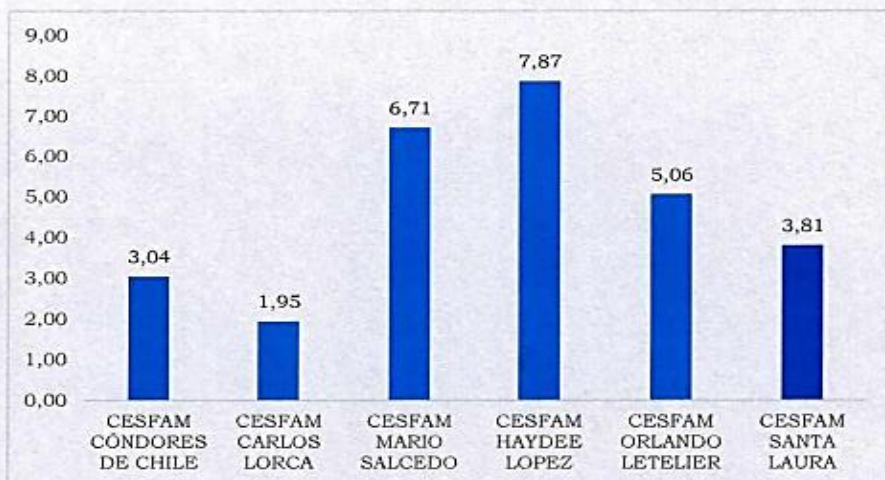


Figura 11: Número de hospitalizaciones abreviadas por causa respiratoria cada 1.000 habitantes en la comuna de El Bosque, año 2019. Elaboración propia en base a información del Departamento de Estadísticas e Información del Ministerio de Salud (2020).

Si bien la población inscrita y atendida en el CESFAM Santa Laura no presenta una prevalencia aumentada de personas con diagnósticos de asma o EPOC en comparación al resto de los centros de salud de la comuna, si posee cifras elevadas de personas con enfermedades respiratorias no controladas, es decir, aquellas personas con asma o EPOC que presentan sintomatología respiratoria frecuente a pesar de encontrarse bajo tratamiento médico, como se muestra en la Figura 9 (Departamento de Estadísticas e Información del Ministerio de Salud, 2020). Del mismo modo, el CESFAM Santa Laura posee un elevado porcentaje de niños y niñas menores de 6 meses con riesgo moderado y grave de morir por neumonía (Departamento de Estadísticas e Información del Ministerio de Salud, 2020). De manera consistente, en este sector se observa el segundo número más elevado de hospitalizaciones abreviadas por causa respiratoria en la comuna de El Bosque, siendo además el territorio con el más alto número de hospitalizaciones abreviadas por neumonía y síndrome bronquial obstructivo recurrente en niños y niñas, como se presenta en las Figura 11 (Departamento de Estadísticas e Información del Ministerio de Salud, 2020). Además, el CESFAM Santa Laura produce la mayor cantidad de derivaciones a unidades de emergencia hospitalaria (UEA) y servicios de atención primaria de urgencia (SAPU) por causa de enfermedades respiratorias, ajustadas cada 1.000 habitantes, afectando principalmente a niños y niñas, como se muestra en las figuras 13 y 14:

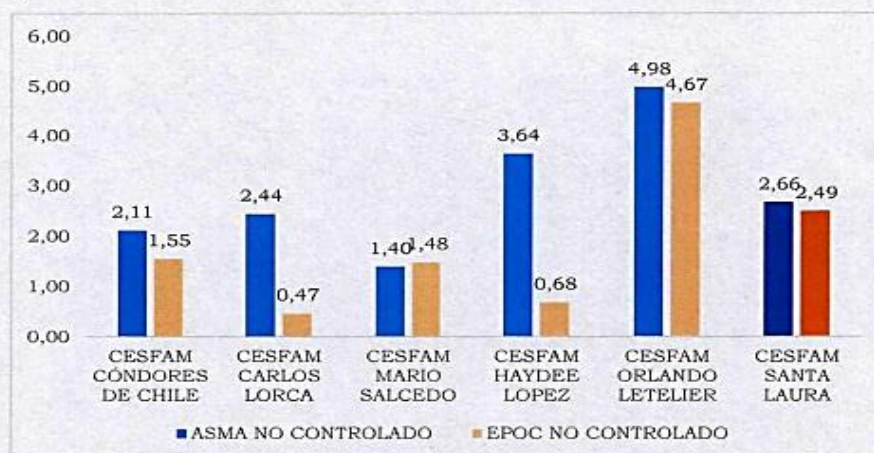


Figura 9: Porcentaje de personas con diagnóstico de asma no controlado y EPOC no controlado en salas IRA-ERA de la comuna de El Bosque, año 2019. Elaboración propia en base a información del Departamento de Estadísticas e Información del Ministerio de Salud (2020).

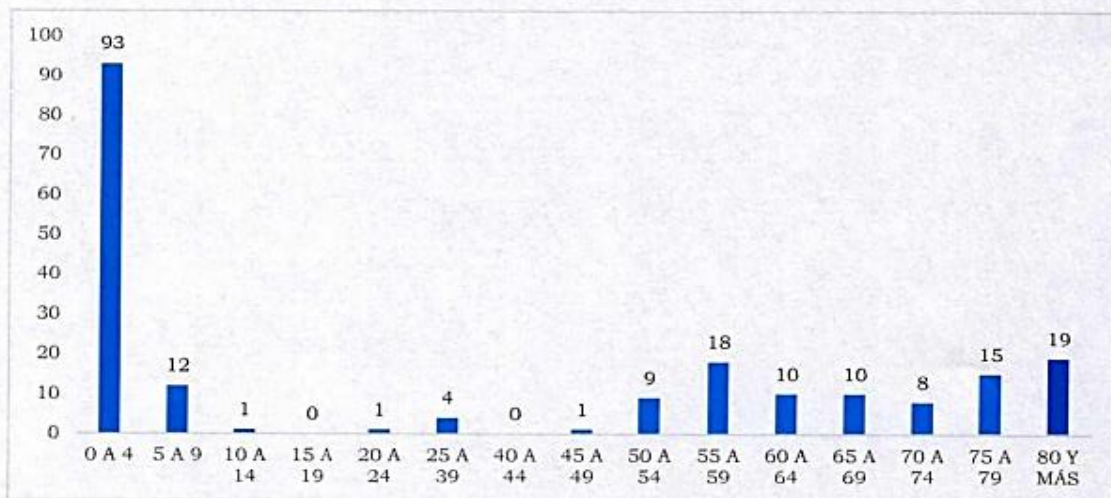


Figura 12: Número de hospitalizaciones abreviadas respiratorias distribuidas por grupos de edad en el CESFAM Santa Laura, año 2019. Elaboración propia en base a información del Departamento de Estadísticas e Información del Ministerio de Salud (2020).

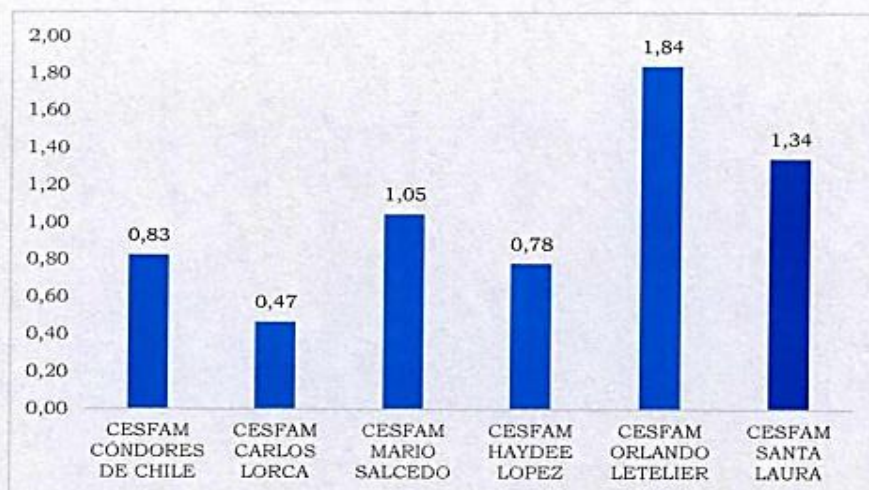


Figura 13: Número de derivaciones a unidades de emergencia hospitalaria (UEA) o servicios de atención primaria de urgencia (SAPU) debido a causas respiratorias cada 1.000 habitantes en la comuna de El Bosque, año 2017. Elaboración propia en base a información del Departamento de Estadísticas e Información del Ministerio de Salud (2020).

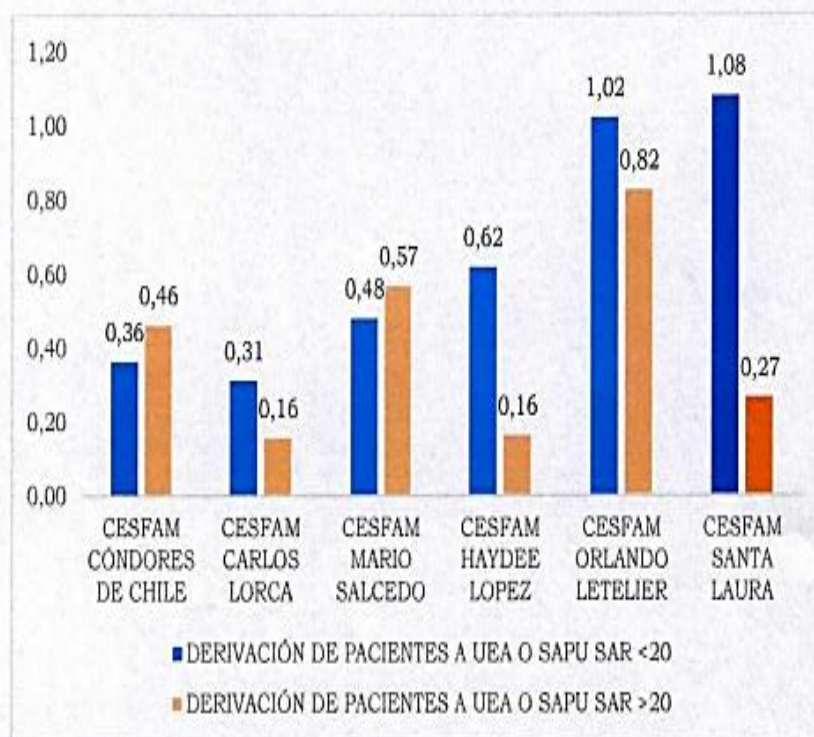


Figura 14: Número de derivaciones a unidades de emergencia hospitalaria (UEA) o servicios de atención primaria de urgencia (SAPU) debido a causas respiratorias cada 1.000 habitantes, en menores de 20 años y mayores de 20 años, en la comuna de El Bosque, año 2019. Elaboración propia en base a información del Departamento de Estadísticas e Información del Ministerio de Salud (2020).

De acuerdo con los antecedentes entregados, el territorio adyacente al proyecto “Planta de Hormigón Premezclado Santiago Sur” en la comuna de El Bosque se caracteriza por presentar una elevada prevalencia de problemas de salud respiratoria, afectando especialmente a niños y niñas. Entre estos problemas de salud respiratoria se observa un elevado número de hospitalizaciones abreviadas por neumonía, síndrome bronquial obstructivo, además del mayor número de derivaciones a unidades de emergencia hospitalaria y servicios de atención primaria de urgencias por causa respiratoria. Del mismo modo, la población atendida en el CESFAM Santa Laura presenta la mayor proporción de personas asmáticas y con diagnóstico de EPOC no controlados en la comuna. Lo anterior, si bien se puede explicar en parte por la elevada prevalencia de tabaquismo en el territorio, éste no permitiría explicar completamente la situación de salud respiratoria de la población. Al respecto, no puede descartarse el impacto de la contaminación por material particulado respirable y  $\text{NO}_2$  en el territorio, especialmente si se considera que los problemas de salud respiratoria descritos coinciden con los efectos observados de la contaminación del aire en la salud de las personas, de acuerdo a la evidencia científica actual.

## Referencias

- Departamento de Estadísticas e Información en Salud (2019). *Bases de datos REM*. Santiago de Chile: Ministerio de Salud.
- Dirección de Salud Municipal de la comuna de El Bosque (2015). *Caracterización del sector 5 de la comuna de El Bosque, correspondiente al CESFAM Santa Laura*. Santiago de Chile: Dirección de Salud Municipal de la comuna de El Bosque.
- Hoek, G., Krishnan, R., Beelen, R., Peters, A., Ostro, B., Brunekreef, B., & Kaufman, J. (2013). Long-term air pollution exposure and cardio-respiratory mortality: a review. *Environmental Health*, 12: 43.
- International Agency for Research on Cancer (2013). *Air pollution and cancer*. Lyon: International Agency for Research on Cancer.
- Jaime Illanes & Asociados (2018a). *Anexo C2-1, línea de base calidad del aire*. Santiago de Chile: Inversiones Orange S.A.
- Jaime Illanes & Asociados (2018b). *Anexo C2-11, informe de modelación de calidad del aire*. Santiago de Chile: Inversiones Orange S.A.
- McConnell, R., Berhane, K., Gilliland, F., Molitor, J., Thomas, D., Lurmann, F., Avol, E., Gauderman, J., & Peters, J. (2003). Prospective study of air pollution and bronchitic symptoms in children with asthma. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 168(7): 790-797.
- Ministerio del Medio Ambiente (2011). *Decreto 12, que establece norma primaria de calidad ambiental para material particulado fino respirable MP<sub>2.5</sub>*. Santiago de Chile: Ministerio del Medio Ambiente.
- Ministerio del Medio Ambiente (2016). *Decreto 31 de 2016, que establece plan de prevención y descontaminación atmosférica para la región Metropolitana de Santiago*. Santiago de Chile: Biblioteca del Congreso Nacional.
- Ministerio Secretaría General de la Presidencia (1998). *Decreto 59, que establece norma de calidad primaria para material particulado respirable MP<sub>10</sub>, en especial de los valores que definen situaciones de emergencia*. Santiago de Chile: Biblioteca del Congreso Nacional.



Ministerio Secretaría General de la Presidencia (2003). *Decreto 114, que establece norma de calidad primaria de calidad del aire dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)*. Santiago de Chile: Biblioteca del Congreso Nacional.

Secretaría Regional Ministerial de Salud (2018). *Oficio ordinario 6478, que se pronuncia sobre declaración de impacto ambiental que se indica*. Santiago de Chile: Secretaria Regional Ministerial de Salud. Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire. *Información histórica, Región Metropolitana*.

Santiago de Chile: Ministerio del Medio Ambiente.

Solar, J., & Pinto, G. (2018). *Declaración de impacto ambiental "planta de hormigón premezclado Santiago sur"*. Santiago de Chile: Inversiones Orange S.A.

Organización Mundial de la Salud (2005). *Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.

Weinmayr, G., Romeo, E., De Sario, M., Weiland, S., & Forastiere, F. (2010). Short-term effects of PM<sub>10</sub> and NO<sub>2</sub> on respiratory health among children with asthma or asthma-like symptoms: a systematic review and meta-analysis. *Environmental Health Perspectives*, 118(4): 449-457.

Woodruff, T., Grillo, J., & Schoendorf, K. (1997). *Environmental Health Perspectives*, 105(6): 608- 612.

Woodruff, T., Darrow, L., & Parker, J. (2008). Air pollution and postneonatal infant mortality in the United States, 1999-2002. *Environmental Health Perspectives*, 116(1): 110-115.

World Health Organization (2013a). *Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project*.

*Recommendations for concentration-response functions for cost-benefit analysis of particulate matter, ozone, and nitrogen dioxide*. Copenhagen: World Health Organization.

World Health Organization (2013b). *Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP project. Technical report*. Copenhagen: World Health Organization.